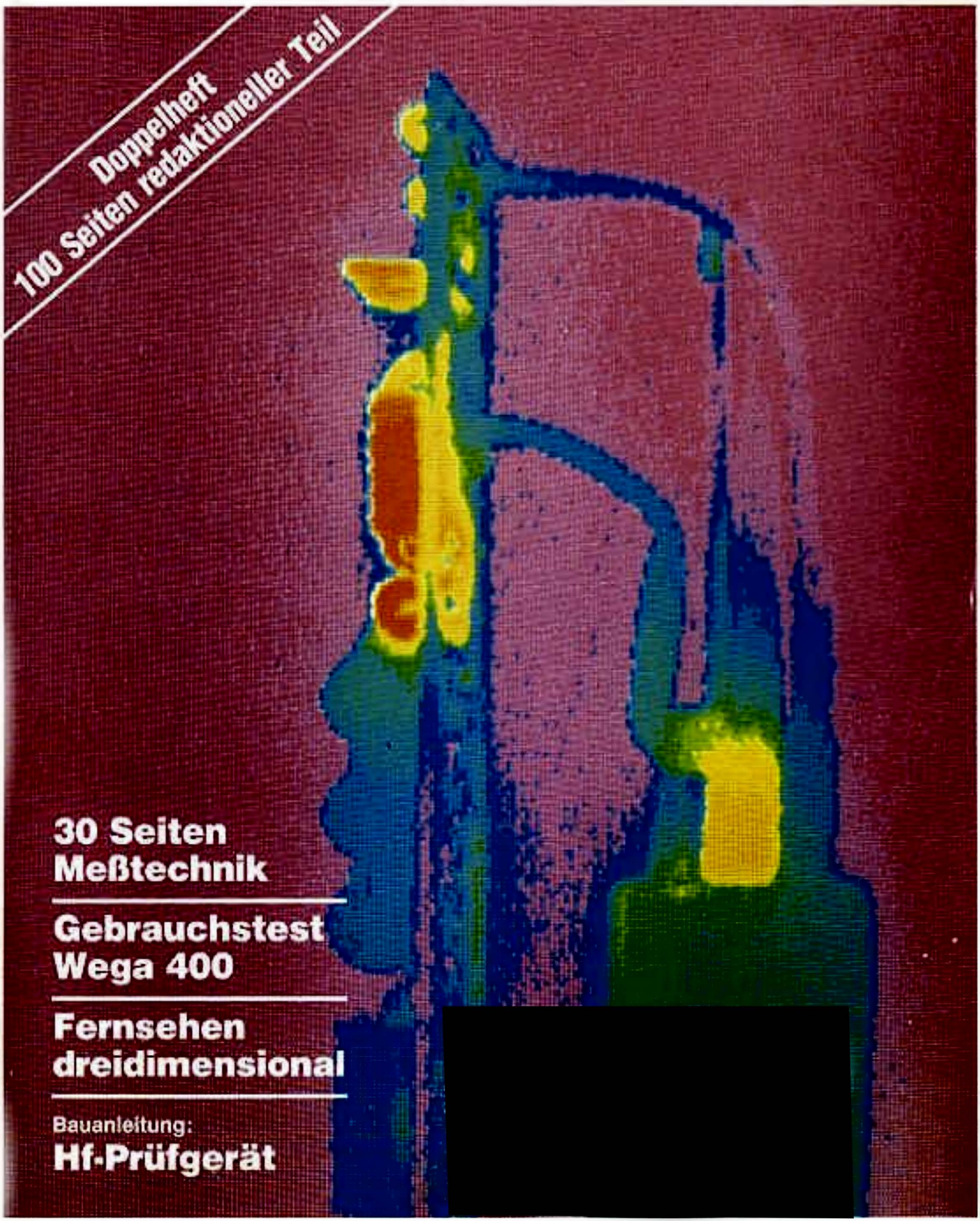
11. Dezember 1981 · DM 4.– · öS 36.– · sfr 4.30 · Nr. 25/26

Funkschau

Elektronik in Audio und Video, Kommunikation und Meßtechnik



Doppelheft
100 Seiten redaktioneller Teil

30 Seiten Meßtechnik

Gebrauchstest Wega 400

Fernsehen dreidimensional

Bauanleitung:
Hf-Prüfgerät

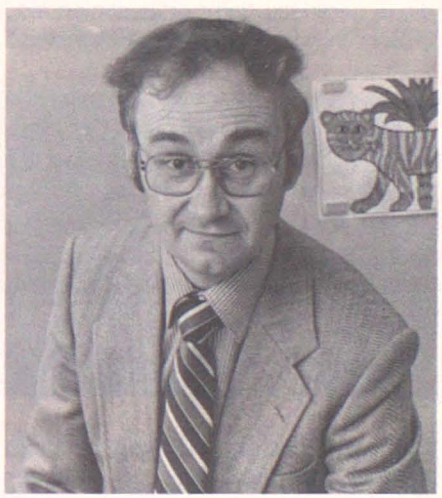
Technologieführer

Nach allgemeinem Selbstverständnis unter den Elektronikern wird heute der Halbleiterindustrie stillschweigend die Führungsrolle in der Elektronik zugeschrieben. Das ist sicherlich wahr, soweit es die interdisziplinären Arbeiten angeht, mit denen sich diese Branche nun einmal auseinanderzusetzen hat: Kaum in einer anderen Disziplin sind Physik, Elektronik, Fertigungstechnik, Optik und Datenverarbeitung so eng miteinander verwoben.

Nicht nur die Insider wissen, daß man häufig in der Militärelektronik einen Technikstand findet, der der allgemein zugänglichen Geräte- und Systemtechnik um Jahre voraus ist. In diesem Gebiet sind häufig die Marktkräfte ohne Einfluß, die sonst über den Preis regulierend eingreifen. Also doch der Krieg als Vater aller Dinge, wie es die Lateiner schon behauptet haben?

Mitnichten. Über die spektakulären Erfolge der Halbleiterindustrie ist ein Arbeitsgebiet fast in Vergessenheit geraten, das vor 50 Jahren schon an der (damaligen) Spitze der Technik stand und auch heute noch dort zu finden ist: die Meßtechnik. Mit diesem Doppelheft möchten wir für einen eminent wichtigen Bereich eine Lanze brechen.

Messen heißt Wissen. Will man, sagen wir einmal, einen Widerstand von 100 Ω mit einer Genauigkeit von 0,5 % bestimmen, dann sollte der Eigenfehler des Meßgerätes zu diesem Meßwert nach Möglichkeit nichts beitragen.



„Nichts" ist aber selbst schon ein relativer Begriff: Schön wäre es, wenn an den „zulässigen" 0,5 Ω Toleranz das Meßgerät nur mit 10 % beteiligt wäre (der Meßaufbau braucht ja auch noch etwas Spielraum).

Da für den Bau des Meßgerätes aber auch nur Widerstände mit solcher Toleranz zur Verfügung stehen, hängt es ganz von der Geschicklichkeit des Geräteentwicklers ab, ob der die Toleranz der Bauteile „herauseliminiert" oder nicht. Der Meßgeräteentwickler steht mithin vor dem Grundproblem, mit vorhandenen Bauelementen einer bestimmten Toleranzklasse Geräte bauen zu müssen, die eine mehrfach bessere Auflösung erreichen, als es rein rechnerisch die Bauteile zulassen. Das hat sich bis heute nicht geändert.

Früher einmal hat man junge Ingenieure nach dem Studium erst einmal für drei Jahre in die Meßgeräte-Entwicklung gesteckt: Was man da gelernt hat, wurde in modifizierter Form überall gebraucht. Dafür ist heute keine Zeit mehr. Was aber in einem modernen Transientenrecorder, in hochselektiven Weitbereichsempfängern oder in vollautomatischen Prüfplätzen für Farbfernsehgeräte an Technik steckt, würde sicherlich manchen verwundern, der mit eben diesen Meßgeräten arbeitet.

Viele entscheidende Impulse für die Techniken von heute und morgen kamen aus der Meßtechnik: Die Kammfilter aus der Radartechnik beispielsweise, die heute in einer Variante in den Konzepten für digitale Farbfernsehgeräte eine wichtige Rolle spielen.

Richtiges Messen wird auch in Zukunft eine der Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche Tätigkeit jeden Ingenieurs bleiben. Wir wollen mit diesem Schwerpunktheft einmal die ganze Breite der Skala aufzeigen und auch solche Gebiete beleuchten, auf denen man mit elektronischen Mitteln nichtelektrische Größen mißt. Es würde uns freuen, wenn das eine oder andere vorgestellte Verfahren neue Impulse auf anderen Arbeitsgebieten auslösen würde.

Klaus H. Knapp

In diesem Heft

Focus

Technologieführer 3

Leserbriefe 6

Informationen

Geburtsstunde des Rundfunks 8
Umbruch an der Börse 10
Murphy's Gesetze (29) 10
Zehn Jahre Mikroprozessor 12
Referentenentwurf –
Keine Leerkassettenabgabe 14
Electronica '82 mit neuem Gesicht 16
Industrie und Gesellschaft 18
Datenbanken kaum genutzt 18
100 Jahre Stereo 20
Bauelemente: 7 % weniger als 1980 20
ifcom '81: Glücklose Ausstellung .. 22
Sonimag 19:
Eine spanische Funkausstellung .. 24

Neue Medien 26

express 32

Neuheitenmarkt 140

Neue Bücher 150

Neue Druckschriften 152

Impressum 139

Audio

Pressekolloquium Rundfunktechnik:
Neue Technologie,
neuer Rundfunk? 55
Gebrauchstest Wega 400:
Kompakt und fernsteuerbar 57

Video

Dreidimensionales Fernsehen 60
HiFi im Fernsehen –
Anspruch oder Wirklichkeit, 2. Teil 65
Gedruckte Videoplatten? 74

Meßtechnik

Kabelbaum- und
Verdrahtungstester 67
Moderne Videomeßtechnik, 1. Teil . 71
Multimeter mit Mikroprozessor 75
EMV-Messungen 77
1,2-GHz-Millivoltmeter 78
Automatische Klirrfaktor-
Messungen 79

Neuer Rundfunk?

Am Rande der Funkausstellung hält traditionell die Technische Kommission ARD/ZDF ein Pressekolloquium ab, zu dem die in Berlin anwesenden Journalisten geladen werden. In diesem Jahr hatte sich einiger Zündstoff angeboten – das fing bei der Digitalisierung an und hörte bei den sogenannten Neuen Technologien noch lange nicht auf. Dieser Beitrag gibt Auszüge aus den Referaten zu folgenden Themen wieder: Programminnovationen der Fernsehanstalten, Zusatzinformationen im Fernsehen, Zusatzkosten für Stereoton, Digitaltechnik im Hörfunk und Vollverkabelung.

Seite 55

Test: Wega 400

Fernsteuerbare HiFi-Anlagen sind in Mode gekommen. Das gilt in jüngster Zeit besonders auch für Mini-Anlagen, die ja geradezu dafür prädestiniert sind, in Schrankwände eingebaut zu werden.

Bei den üblichen Wohnzimmeranordnungen sitzt man dann oft weit vom Schuß – ganz im Gegensatz zu den HiFi-Türmen, die man meist in Reichweite neben seinem Lieblingssessel aufstellt. Die Redaktion hat eine solche fernsteuerbare Mini-Anlage (Wega 400), bei der die Fernsteuerung als Zusatzbaustein ausgeführt ist, einem Gebrauchstest unterzogen.

Seite 57

TV: Dreidimensional

Der Wunsch, räumliche Bilder zu übertragen, ist so alt wie die Idee des Fernsehens. Schon in den ersten fernsehtechnischen Patenten finden sich Hinweise auf räumliche und farbige Übertragungsverfahren. Trotzdem wurden (und werden) die räumlichen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren weiterentwickelt. Dabei unterscheidet man drei Hauptgruppen: stereoskopisches, autostereoskopisches und holografisches Fernsehen.

Seite 60

Meßtechnik

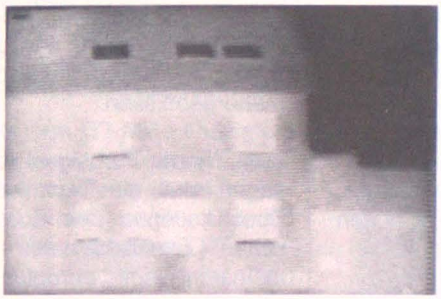
Schwerpunktthema dieses Doppelheftes ist die Meßtechnik. In zwei Beiträgen berichten wir über den Einsatz von Strahlungsthermometern und Thermografiegeräten, wie sie z. B. auch zur Aufnahme der Wärmebilder von Gebäuden verwendet werden. Weitere Themen sind die Video-Meßtechnik, die in einem Übersichtsbeitrag über moderne Meßverfahren zur Beurteilung und Einstellung videotechnischer Anlagen behandelt wird, und die Messung der „Elektromagnetischen Verträglichkeit" (EMV), um ungewollte gegenseitige Beeinflussungen elektronischer Geräte zu ver-

Zum Titelbild

Das mit dem hochauflösenden Ikotherm T (300 Zeilen mit je 300 Bildpunkten bei 1 Hz Bildwiederholfrequenz) aufgenommene Farbthermogramm zeigt in bis zu 16 Farben das kalibrierte Temperaturbild einer HeNe-Laserröhre mit Versorgungsplatine im Betrieb. Im Meßbereich 100 °C treten aus dem hellvioletten Hintergrund (Raumtemperatur) gelb eine ca. 70 °C warme Stelle am Röhrenhals sowie rotorange die heißen Ballastwiderstände auf der Platine hervor. Die Höchsttemperatur von 84,6 °C (an den Ballastwiderständen) wird im Gerät automatisch digital angezeigt.

(Foto: VisIR-Meßtechnik)

meiden. Interessant ist eine neue Meßmethode für Drehbewegungen, die durch die Fortschritte der Lichtleitfasertechnik möglich geworden ist. Man arbeitet hierbei mit einem Faserkreisel, der gegenüber einem mechanischen Kreisel bedeutende Vorteile hat. Wichtig im Audio-Bereich sind Klirrfaktormessungen; sie nehmen nur wenige Sekunden in Anspruch, wenn man dazu einen automatischen Meßplatz verwendet. Abgerundet wird das Thema Meßtechnik mit einem Bericht über ein Digital-Multimeter mit automatischer Meßbereich-Um-



schaltung und Mikroprozessorsteuerung, das eine einfache und übersichtliche Einhandbedienung ermöglicht, sowie durch einen Gebrauchstest des Trio-Oszilloskops CS-1830. **Ab Seite 71**

Schaltungsoptimierung

Beim Schaltungsentwurf stellt sich oft die Frage, welche Werte die Bauelemente haben müssen, damit bestimmte Kriterien (z. B. Reflexionsfaktor, maximale Leistung usw.) optimal erfüllt werden. Mathematisch ist das die Suche nach dem globalen Minimum bzw. Maximum im n-dimensionalen Raum, wobei n die Anzahl der zu optimierenden Bauelemente ist. Diese Aufgabe läßt sich mit einem für den programmierbaren Taschenrechner TI 59 geschriebenen Programm lösen, das die Optimierung von bis zu neun Bauelementen nach dem direkten Koordinatensuchverfahren ermöglicht. **Seite 111**

Systems '81

Zufriedene Gesichter zeigten nicht nur die Veranstalter der Systems '81, sondern auch die Aussteller, die fast alle von einem positiven Gesamtergebnis berichteten und eine zunehmende Investitionsbereitschaft feststellten. Die Zahl der ausstellenden Firmen, die in zehn Hallen 26 000 m² Nettofläche belegten, wuchs von 516 im Jahr 1977 auf 655 in

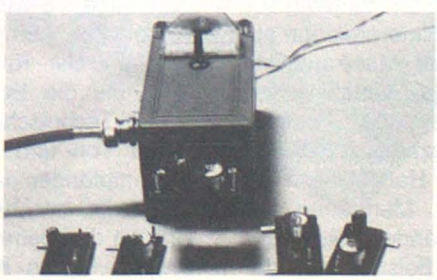
diesem Jahr; davon waren allein aus dem Inland 63 zum ersten Mal vertreten. Das Interesse der 44 000 Besucher galt eindeutig den Bereichen Kleinrechnersysteme, Kommunikationstechnik und computergestützte Entwicklung. **Seite 114**

Senderanzeige

Bei UKW-Empfängern ist es wegen der relativ geringen Senderreichweiten nicht sinnvoll, auf der Skala des Gerätes Sendernamen anzugeben, wie das im Mittel- und Langwellenbereich noch vielfach üblich ist. Diese Bauanleitung zeigt jedoch eine Möglichkeit, jeden Empfänger mit Stationstasten nachträglich mit einer frei programmierbaren Sendernamenanzeige zu versehen. **Seite 124**

Hf-Prüfgerät

Ein Hf-Prüfgenerator ist wohl für jeden unerläßlich, der sich mit dem Bau von Hf-Geräten beschäftigt. Seine Einsatzmöglichkeiten sind jedoch beschränkt: Erst durch eine Reihe von Zusatzeinrichtungen läßt er sich sinnvoll nutzen. Dazu soll die beschriebene einfache Schaltung beitragen, die in sich folgende Meß- und Prüfmöglichkeiten vereinigt: Hf-Indikator, Resonanzmeter, Quarzprüfer, LC-Meßgerät, Modulationsmonitor, Frequenzmesser sowie Frequenzumsetzer zur Modulationsbeobachtung mit einfachen Oszilloskopen. **Seite 129**



Eine neue Meßmethode für Drehbewegungen 82
Antennen-Meßempfänger 84
Energiesparen mit Thermografie . . 85
Gebrauchstest Trio-Oszilloskop CS-1830: Gut bürgerlich 103
Thermografie 105

Kommunikation
Elektronik im Büro: Sicob 1981 . . . 68

Bauelemente
Bildzeilenspeicher mit CCD 81
Monolithischer Opto-Schmitt-Detektor 81
Kühlsystem für Bildsensoren 90

Jahresinhaltsverzeichnis 1981 91

Taschenrechner
Schaltungsoptimierung mit dem TI 59 111

Ausstellungen
Systems '81: Mehr als erwartet . . . 114
Hobby Elektronik '81: Von der Platine zum Programm . . . 118

Werkstatt & Service
Reklamationen 121
Lötstation LS 7000: Hitze-Konstanter 121
Kein Verkehrsfunk 122
Elektronische Sicherung schaltet ab 123
Schneller als die Feuerwehr 123
Prüfen von Infrarot-Fernbedienungen 123

Praxis & Hobby
Alphanumerische Sendernamen-Anzeige, 1. Teil 124
Ein Experimentierplattensystem 127
Spannungsregler 723: Begrenzungsüberwachung 128
Ein vielseitiges Hf-Prüfgerät 129
Messung der Transistor-Stromverstärkung 133
Einfacher Prüfsender 134
Modulares Experimentier-Board . . 136

Berufswissen
Wieder mehr Elektronik-Studenten 137
Rückkehr zur Rentendynamik 137
Termine 138

Rubrik „µP Taschenrechner"

FUNKSCHAU 1981, Heft 22

Als langjähriger FUNKSCHAU-Leser und Abonnent habe ich mit Interesse das Für und Wider zum Thema „Taschenrechner" zwischen FUNKSCHAU und mc verfolgt. Ihre Entscheidung ist sicherlich richtig. Programmierbare Klein- und Taschenrechner haben heute als arbeitstechnische Hilfsmittel und Rechenschieberersatz, z. B. bei Berechnungen von Schaltungsauslegungen in der Radio- und Fernsehtechnik, Akustik, Meßtechnik usw. ihren festen Platz.

Wilhelm-Rüdiger Haberditz,
Steinbach/Ts.

Räumlich unvorgeprägte Musikaufnahmen

FUNKSCHAU 1981, Heft 22, Seite 81

Da haben wir es also: Kunstkopf-, Intensitäts-, Laufzeit-, OSS-Stereofonie – alles Käse, weil der Hörer letzten Endes doch nicht aus den Lautsprechern hört, was er hätte hören können, wenn er bei der Aufnahme dabeigewesen wäre. Statt dessen ein Schritt zurück zur Steinzeit-Stereofonie, zwar nicht in dem ursprünglichen Sinne, daß jeder Musiker sein eigenes Mikrofon und seinen eigenen Lautsprecher bekommt, aber doch so abgeändert, daß ein Raster von Mikrofonen auf das Orchester herabgesenkt wird. Bei Herrn Pfleiderer sind es 35. Stellt man sich eine Aufnahme von Mahlers 2. Sinfonie vor, könnte man gut und gerne noch 14 weitere Mikrofone für den Chor hinzunehmen. Dann hat man insgesamt 49 Mikrofone und nach Pfleiderer „den Vorteil großer Übersichtlichkeit beim Einpegeln".

Es mutet fast wie ein Wunder an, daß man mit normaler Technik und handelsüblichen Geräten auch Musik hören kann, zwar nur ersatzweise für einen Konzertbesuch, aber doch in beachtlicher Qualität. Als Tonbandamateur werde ich hingegen bei meiner OSS-Scheibe bleiben, die reicht mir aus für Lautsprecher- und Kopfhörerwiedergabe, außerdem benötige ich dann nicht ein Echtzeithallgerät, um mir die Musik um den Kopf herumzubeugen.

Hartmut Friedel,
Klanxbüll

Mehr Musik auf Ultrakurzwelle

FUNKSCHAU 1981, Heft 23, Leitartikel Seite 3

In vielen südamerikanischen Staaten herrschen z. Z. rechtsradikale Militärregime. Klar, daß es in Ländern, in denen es nur eine Meinung geben darf, auch im Rundfunk nichts zu diskutieren gibt und statt dessen Musik gesendet wird. Soll das etwa unser Vorbild sein?

Die meisten Bundesbürger werden von unserem Rundfunksystem sicher zufriedenstellend musikalisch versorgt und brauchen keine „Verkaufsberieselung" à la RTL und schon gar keine südamerikanischen Zustände der Unterhaltungsbranche zuliebe.

Gunther Pillunat,
Leverkusen

□

Die von Ihnen hervorgehobene Initiative des Bayerischen Rundfunks, mit einem vierten Programm auf UKW ein Minoritätenprogramm für die Liebhaber klassischer Musik zu schaffen, verdient höchste Anerkennung. Was da in den ersten Monaten an Raritäten sowohl von der Interpretation als auch von der Musikauswahl geboten wurde, verläßt schon die Trampelpfade heutiger Rundfunkkonzerte, zumal viele Werke im Handel nicht erhältlich sind. Man kann nur hoffen, daß andere Sendeanstalten dem Beispiel trotz der aktuellen Finanznot (oder ist der Bayerische Rundfunk reicher als die anderen?) folgen werden.

Ein Ärgernis bleibt allerdings, was möglicherweise der Technik noch nicht aufgefallen ist: Pegelt man die Aussteuerung des Bandgeräts nach dem Volumen des Ansagers ein und läßt vorsorgehalber noch sechs bis acht dB Luft, dann kommt es trotzdem immer wieder vor, daß Forteeinsätze gleich am Anfang die Aufnahme hoffnungslos „ins Rote" steuern. Muß das eigentlich sein, oder könnte man nicht den Sprecher ein wenig anheben – quasi als Vorwarnung für den Mitschnitt?

Ferdinand Clauss,
München

Vergewaltigt

FUNKSCHAU 1981, Heft 22, Seite 30

Zu dem Artikel „Vergewaltigt" nehmen wir, das FTZ, wie folgt Stellung:

Wir hoffen, die an sich unverständliche Formulierung von den angeblich unerfüllbaren „Forderungen an das meßtechnische Verhalten" richtig zu interpretieren mit: „Bei den meßtechnischen Untersuchungen stellte sich bald heraus, daß man ... die Forderungen beim besten Willen nicht erfüllen konnte". Zu der Aussage ist zu bemerken, daß der Verfasser wohl nicht wissen kann, daß meßtechnische Untersuchungen im FTZ und andernorts sehr wohl zeigen, daß die Forderungen erfüllbar sind. Außerdem weisen die entsprechenden Amtsblätter des Bundesministers für das Post- und Fernmeldewesen eine große Zahl mit S-Kennzeichnung versehener Empfängertypen aus, mit der Kennzeichnung also, die die Einhaltung der neuen Technischen Vorschriften für Ton- und Fernsehrundfunkempfänger nachweist. Sicher wird der Verfasser des Artikels den betreffenden Herstellern keinen Kennzeichenmißbrauch unterstellen wollen. Den Verfassern vorliegende theoretische Abhandlungen über die Erfüllbarkeit oder Nichterfüllbarkeit der Technischen Vorschriften unterstellen wir selbstverständlich die gute Absicht, zu der mancherorts noch heftigen Diskussion konstruktive Beiträge zu leisten. Immerhin reicht das technische Wissen in Darmstadt aus, um den Verfassern nachzuweisen (das wird in Kürze schriftlich geschehen), daß ihre Schlußfolgerungen nicht zutreffen. Sie standen ohnehin im Widerspruch zu den oben schon erwähnten praktischen Meßergebnissen.

Zum Thema Eurosignal ist zu sagen, daß die Technischen Spezifikationen des Europäischen Funkrufdienstes gemeinsam auf europäischer Ebene vereinbart wurden und die Entscheidung für die Amplitudenmodulation durchaus technisch begründet ist. Eine „konsequente Umstellung auf FM" verhindert in der Bundesrepublik die Verbindung mit ausländischen Netzen. Auch ohne Einführung des Europäischen Funkrufdienstes wären bei der in Deutschland hohen, ständig steigenden Funkdichte Mindest-Störfestigkeitsanforderungen an Rundfunkempfänger unvermeidbar gewesen.

Es ist noch zu ergänzen, daß die DBP eine entsprechende Überarbeitung der Technischen Vorschriften für Ton- und Fernsehrundfunkempfänger lange vor Einführung des Europäischen Funkrufdienstes anstrebte, aber durch die Hinweise der Gerätehersteller auf die damit verbundenen gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen aus Kulanz immer wieder Abstand nahm. Als dann die Zahl der Störfälle anstieg, wurde dies der DBP zum Vorwurf gemacht, und es wurden Technische Vorschriften gefordert. Wer schob also den Schwarzen Peter wohin?

Fernmeldetechnisches
Zentralamt,
Referat für
Öffentlichkeitsarbeit,
Darmstadt

Pressekolloquium Rundfunktechnik

Neue Technologie, neuer Rundfunk?

Am Rande der Funkausstellung hält die Technische Kommission ARD/ZDF ein Pressekolloquium ab, zu dem die in Berlin anwesenden Journalisten nun schon traditionsgemäß geladen werden. In diesem Jahr hatte sich einiger Zündstoff angeboten – das fing bei der Digitalisierung an und hörte bei den sogenannten Neuen Technologien noch lange nicht auf. Der nachfolgende Beitrag gibt Auszüge aus den Statements der Referenten.

Schon am Vortag der offziellen Eröffnung sorgte Frank Müller-Römer vom Bayerischen Rundfunk auf der Eröffnungspressekonferenz für Wirbel. Vom Rundfunksatelliten bis zu den Breitband-Kabelnetzen, von Videotext über den Videorecorder bis hin zu Bildplatte ließ er kein Thema aus, um die Auswirkungen auf die Rundfunkanstalten zu untersuchen.

Die sehr stark zunehmenden Verkaufsziffern für Videorecorder und das allgemein hohe Interesse für die Bildplatte weisen darauf hin, daß ein Bedürfnis nach einer den individuellen Vorstellungen des einzelnen entsprechenden und gestaltbaren Programmform besteht. Nicht zuletzt wird es diese neue Programmform auch privaten Produzenten ermöglichen, sich zu betätigen. Dadurch wird die gesamte Mediendiskussion der nächsten Jahre in eine neue Richtung geführt werden können. Es wird sich zeigen, ob dann überhaupt noch der Wunsch nach weiteren „Vollprogrammen" bestehen wird.

Programminnovationen der Rundfunkanstalten

Verschiedene in den vergangenen Jahren durchgeführte Untersuchungen zeigen, daß sich auch bei einem vermehrten Angebot an Fernsehprogrammen die durchschnittliche Zuschauerzeit je Teilnehmer nicht wesentlich ändert. Im Hinblick auf die neuen „Speichermedien" Videorecorder und Bildplatte bedeutet dies, daß die Zuschauerzahl der klassischen Fernsehprogramme abnehmen wird. Dies kann tiefgreifende Veränderungen der heutigen Mediennutzung und damit auch der Medienstruktur zur Folge haben.

Die Rundfunkanstalten sind dadurch aufgerufen, in ihren Fernsehprogrammen neue Schwerpunkte zu setzen: Nachrichten, aktuelle Berichte, Sportübertragungen und interessante Live-Veranstaltungen können auch in Zukunft nur die Rundfunkanstalten anbieten. In der „Nicht-Aktualität" liegt aus programmlicher Sicht die Schwachstelle der Speichermedien.

Bild 1. Nicht gerade zimperlich war F. Müller-Römer vom Bayerischen Rundfunk bei der Entwicklung eines Szenarios für den Rundfunk der 80er Jahre: „Im Interesse der Allgemeinheit ist es dringend erforderlich, über eine Gesamtkonzeption der künftigen Medien nachzudenken."

Zusatzinformationen im Fernsehen

Bei einer einfach zu programmierenden automatischen Aufzeichnung von Fernsehprogrammen verliert auch die sogenannte „Hauptsendezeit" zwischen 19.00 und 21.00 Uhr insofern an Bedeutung, als interessante und auch einen größeren Teilnehmerkreis interessierende Programme durchaus zu späterer Zeit gesendet werden können.

Nicht zuletzt würde ein derartiges System für die Übertragung von Zusatzinformationen auch die Übertragung von Minderheiten-Programmen wie Schulprogrammen, Lehrprogrammen etc. in den bisher sendefreien Zeiten, z.B. nach Programmschluß, ermöglichen.

Die heutige Gerätetechnologie ermöglicht es, Programmbeiträge künstlich zu verzerren (zu „verschlüsseln"). Sie sind damit nur für solche Teilnehmer empfangbar, die sich ein Dechiffrier-Gerät gekauft haben. Für die Rundfunkanstalten bietet sich damit als Denkmodell die Überlegung an, in sendefreien Zeiten andere Programmbeiträge zu Teilnehmern zu transportieren, den „Transportweg" der Rundfunkanstalten sozusagen stundenweise zu vermieten. Ähnliche Überlegungen wären auch für die Übertragung von „Kabeltext" in programmfreien Zeiten denkbar.

Diese Aussagen schmeckten offensichtlich selbst Müller-Römers Dienstherrn nicht besonders. Zumindest machte Reinhold Vöth kein ganz glückliches Gesicht. Doch es gab auf dem Pressekolloquium noch mehr Zündstoff: Warum kann sich die ARD dem Stereoton im Fernsehen nicht anschließen? Den Kopf hinhalten mußte dafür Ingo Dahrendorf, Technischer Direktor des WDR:

Zusatzkosten für Stereoton für die ARD nicht finanzierbar

Durch die Nachrüstung der Sender- und Leitungsnetze entstehen im Endausbau für jedes der drei Netze zusätzliche laufende Kosten von etwa 10 Millionen jährlich. In der Aufbauphase sind die zusätzlichen Kosten dem jeweiligen Ausbaustand entsprechend zunächst noch niedriger. Im Endausbau muß somit mit zusätzlichen Netzkosten für alle drei Programme von etwa 30 Millionen DM jährlich gerechnet werden. Der weitaus überwiegende Anteil dieses Betrages sind Postkosten,

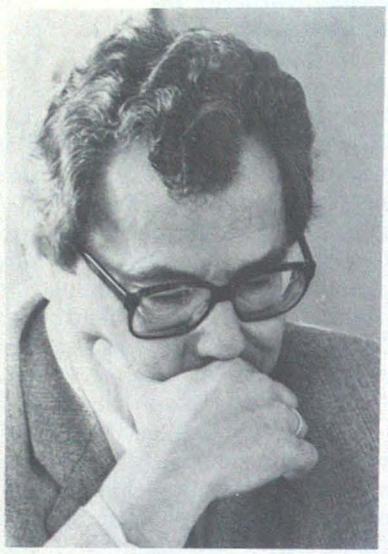


Bild 2. Dieter Stahl, RIAS Berlin: „Ohne Normung sind die großartigen Fortschritte der digitalen Audio-Technik wenig nützlich."

die die Rundfunkanstalten zu erstatten haben. Bei den ARD-Anstalten, die ihre Sender bekanntlich selbst betreiben, entstehen darüber hinaus schon in der Anfangsphase relativ hohe Kosten, weil die für die Sender notwendigen Ergänzungsinvestitionen in voller Höhe finanziert werden müssen. Nach den bisherigen Erkenntnissen dürften die Investitionskosten für Stereoton um 10...15 % höher liegen als bei Mono-Tonanlagen.

Das System läßt bekanntlich alternativ stereofone und zweikanalige Sendungen zu. Man kann sicherlich davon ausgehen, daß z. B. stereofone Übertragungen von öffentlichen Veranstaltungen aller Art keine oder nur geringe zusätzliche Kosten verursachen werden. Das mag auch für die eine oder andere Studioproduktion gelten. Sobald jedoch – etwa bei Fernsehspielen – eine sinnvolle Anpassung des Bildes an den Stereoton erreicht werden soll, muß mit Verlängerungen der Produktionszeiten zwischen 50 und 100% gerechnet werden. Das treibt die Produktionskosten stark in die Höhe.

Digitaltechnik im Hörfunk: Normung vordringlich

Zu diesem Themenkreis meinte Dieter Stahl, Technischer Direktor des RIAS Berlin:

Die Qualitätsvorteile dieser Technik sind unbestritten. Es stehen ihr aber Schwierigkeiten ganz anderer Art entgegen. Die Hersteller wollen oder können sich nicht auf einen einheitlichen Standard bei den qualitätsbestimmenden Parametern festlegen. Ein Rundfunkstudio, welches sich heute mit den wirklich fortschrittlichen PCM-Geräten ausstatten möchte, steht vor folgendem Dilemma:

Die Post wird über die Ton-Übertragungsstrecke eine Abtastfrequenz von 32 kHz und über die Telefonübertragung 8 kHz in das Haus bringen. Ein digitaler Schallplattenspieler zum Abspielen einer Compact Disc (nach dem System Philips/Sony) besitzt eine Abtastfrequenz von 44,1 kHz. Ein digitales Aufzeichnungsgerät samt Schnitt-System kann je nach Hersteller die Abtastfrequenzen 44,056 kHz, 50 kHz oder 50,4 kHz haben. Ein digital arbeitendes Zeitverzögerungs- und Nachhallgerät kann wiederum die Abtastfrequenz 32 kHz besitzen. Darüber hinaus sind auch die Wortlängen der Quantisierung uneinheitlich. Magnetbänder und Plattenspieler werden 16 Bit, die Post für Rundfunkübertragung 11 Bit kompandiert und für Telefonübertragungen 8 Bit anbieten.

Ähnlich sehen die Verhältnisse aus, wenn man die Codierung der einzelnen Geräte vergleicht. Ein Rundfunkstudio, welches alle diese fortschrittlichen Geräte benutzen will, muß sie jedoch miteinander verbinden können – später sogar über ein Digital-Mischpult. Will man nicht immer in die analoge Ebene zurückwandeln, so ist man heute gezwungen, Umsetzer für die Abtastrate und die Quantisierung einzusetzen.

Was dabei mindestens dringend benötigt wird, ist eine Definition und Normierung der digitalen Schnittstelle für die Zusammenschaltung von verschiedenen digitalen Geräten. Von verschiedenen Seiten sind Vorschläge für solch eine Schnittstelle gemacht worden.

Auf dem Weg zur Vollverkabelung?

Daß es auch zwischen den Rundfunkanstalten und der Deutschen Bundespost Spannungsfelder gibt, zeigte nicht zuletzt Karl Schörken, Technischer Direktor des Südwestfunks, der die Frage aufwarf:

Grenzt die von der DBP in Stufen angestrebte Vollverkabelung nicht an „Überrumpelung", möglicherweise gegenüber den Rundfunkanstalten? Ist sich die Öffentlichkeit dessen bewußt, daß eines Tages für jedermann die „totale" Kommunikationstechnik – gewollt oder ungewollt – ins Haus steht?

Der Verkabelungskurs der Post begann 1975 mit der Absicht, elf deutsche Großstädte im Alleingang mit Breitbandnetzen zu verkabeln. Dies wurde auf Druck der Länder aufgegeben, um den Kabelpilotprojekten nicht vorzugreifen. Als Reaktion ließ die Post wissen, daß dadurch der Ausbau ihres breitbandigen Fernmeldenetzes nicht blockiert sei; ein unzweideutiger Hinweis darauf, daß zwar nicht diese elf Großstädte, aber nach und nach Teile der Bundesrepublik großflächig verkabelt werden sollten. Ende 1979 bot dann die Post ihre Breitbandnetze als Regeldienstleistung an.

Inzwischen wird erkennbar, daß die Post ihre Breitbandkabelnetze bevorzugt in Ballungsgebieten errichten will. Ziel der DPB ist es, Inselnetze zu errichten, die später zu flächendeckenden Kabelnetzen verknüpft werden

Bild 3. Karl Schörken, Südwestfunk: „Es darf nicht der Fall eintreten, daß bei Vollverkabelung die Rundfunkteilnehmer ein Mehrfaches dessen, was sie heute an Gebühren bezahlen, entrichten müssen."

können. Die Leidtragenden einer solchen Zielsetzung sind letztlich die ohnehin benachteiligten und wirtschaftlich unattraktiven Landgebiete; sie werden zwangsläufig den Rundfunkanstalten im Rahmen ihrer kostenintensiven Restversorgung überlassen.

Kein Zweifel – der Rundfunk ist im Umbruch. Die FUNKSCHAU wird mit weiteren Einzelthemen auf andere Beiträge dieser Tagung noch zurückkommen. Kp.

Gebrauchtstest Wega 400

Kompakt und fernsteuerbar

Fernsteuerbare HiFi-Anlagen sind in Mode gekommen. Das gilt in jüngster Zeit gerade auch für Mini-Anlagen, die ja geradezu dafür prädestiniert sind, in Schrankwänden eingebaut zu werden. Bei den üblichen Wohnzimmeranordnungen sitzt man dann oft weit vom Schuß – ganz im Gegensatz zu HiFi-Türmen, die man sich oft in Reichweite seines Lieblingssessels stellt. Mehrere Hersteller sehen die Fernsteuerung als Zusatzbaustein vor, die im Aussehen genau auf die Anlage abgestimmt ist. Die Redaktion hat eine solche Anlage von Wega einem Gebrauchstest unterzogen; hier sind unsere Erfahrungen:

Komplett aufgebaut besteht die Wega-400-Anlage *(Bild 1)* aus einem Plattenspieler P550, einem Synthesizer-Tuner mit Kontrollverstärker CT 400, dem Leistungsverstärker PV400, dem Kassettendeck C400 sowie der Fernsteuereinheit RA 40. Wir haben bei unserer Untersuchung auf den Plattenspieler verzichtet, da wir hier nicht die Güte des Laufwerks untersuchen wollten. Für die vier Bausteine gibt es ein Mini-Rack, so daß sich die Anlage bei Bedarf auch komplett verdrahtet transportieren läßt.

Trennt scharf und verzerrungsarm

Die Frequenzabstimmung des Tuners erfolgt sowohl im UKW-Teil als auch im MW/LW-Teil mit einem digitalen Quarz-Synthesizer. Im UKW-Teil wird als Eingangsstufe eine Reaktanzdiode verwendet, die man technisch einem vierfachen Drehkondensator gleichsetzen kann. Zehn beliebige UKW- oder Mittelwellensender können voreingestellt werden. Leider gibt es keine Batterie, die bei Stromausfall die Speicherung aufrechterhält: Wer in ländlichen Gegenden wohnt (mit gelegentlichen kurzen Stromausfällen) wird sich darüber zu Recht ganz kräftig ärgern. Während einer Testzeit von vier Wochen mußte der Berichterstatter die Stationen sechsmal nachprogrammieren.

Die Eingangsempfindlichkeit im FM-Teil ist mit 3 µV (300 Ω, 11 dBf) kaum hervorhebenswert. Das überrascht ein wenig, zumal ein Quadraturdetektor in Zusammenarbeit mit einem Keramikfilter mit besonders linearem Gruppenlaufzeitverhalten andererseits für guten Rauschabstand sorgt.

Die Angaben des Herstellers gehen zwar relativ weit ins Detail; sie kranken aber auch wiederum daran, daß im Interesse einer weitgehenden Nicht-Vergleichbarkeit jeder seine Werte anders definiert. Der eine Hersteller gibt die Trennschärfe für ±300 kHz an, der andere (hier auch Wega) mit ±400 kHz. Die Eingangsempfindlichkeit wird mal an 75 Ω definiert, ein andermal, wie bei Wega an 300 Ω. Sie wird beim einen auf 26 dBf bezogen, beim anderen auf 11 dBf. Natürlich kann man das alles ineinander umrechnen und es gibt hierzu auch Vorschläge: Sie werden nur von den wenigsten Firmen konsequent genutzt.

Bild 1. Für die Einzelkomponenten der Wega-400-Minianlage bietet der Hersteller ein Metallrack an

Der Klirrfaktor (THD) bei 1 kHz wird mit 0,1% (mono) genannt: Dieser Wert entspricht dem Stand der Technik. Der Übertragungsbereich ist mit 30 Hz...15 kHz nominal eher eng ausgelegt, insbesondere was die untere Übertragungsfrequenz angeht. Hier sind eher 20 Hz Standard, bei guten Geräten sogar 10 Hz.

Die Stereo-Übersprechdämpfung ist mit 45 dB ebenfalls knapp bemessen. Andere Tuner legen hier gut und gerne noch 5 bis 6 dB drauf. Man darf nicht argumentieren, daß die Kanaltrennung auf der Schallplatte sehr viel geringer ist: Das ist zwar richtig, geht aber an den Bewertungskriterien vorbei.

Unnötiger Kabelverhau

Ein paar Eigentümlichkeiten sind uns bei der Bedienung aufgefallen. Die Beschaltung des Tuners auf der Rückseite läuft über solide Einzelbuchsen bzw. Schraubklemmen – andererseits besteht die Gefahr, daß der „Kabelverhau" *(Bild 2)* bereits Probleme aufwirft.

Womit das Stichwort gegeben wäre. Das optisch hervorragend gestaltete Geräteset macht auf der Rückseite eher einen traurigen Eindruck. Es wäre wünschenswert gewesen, wenn für den speziellen Einbau in das Mini-Rack Spezialkabel mit den optimalen Längen zur Verfügung wären. So müssen die durchwegs zu langen Verbindungskabel sorgfältig aufgerollt und abgebunden werden – mit dem Erfolg, daß die Gefahr des Übersprechens nie in den Griff zu bekommen ist. Die Folge: Erst nach längeren Bemühungen gelang es, ein von der Lautstärke unabhängiges Übersprechen aus dem Tuner in den Endverstärker (ca. 25 dB Abstand) in den Griff zu bekommen. Wir sind überzeugt, daß die Käufer eines 2500-DM-Gerätesets solche Spezialkabel verdient hätten. Man könnte dies ja an den Kauf des Mini-Racks binden.

Neben den bereits genannten Geräten kann zusätzlich noch ein externes Bandgerät angeschlossen werden.

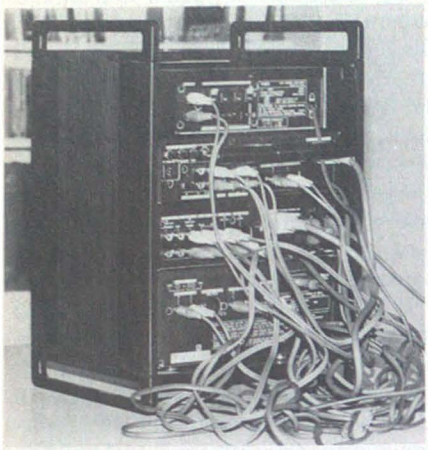


Bild 2. Es ist wirklich schade, daß der Hersteller das Verkabelungsproblem der Einzelbausteine so sehr vernachlässigt hat

Hierfür ist ein AUX-Eingang und eine entsprechende Stellung des Funktionsschalters vorgesehen. Es bereitet technisch keine Schwierigkeiten, wenn man davon absieht, daß die Lautstärke der Zusatzquelle plötzlich nicht mehr fernsteuerbar ist.

Die automatische Senderabstimmung auf UKW kann von Hand auf verschiedene Empfindlichkeiten eingestellt werden. Der Schwellwert wird mit einem Regler eingestellt, der an der Rückwand des Gerätes vorgesehen ist. Das ist ärgerlich: Alle Anwender, die dieses Gerät in eine Schrankwand einbauen, müssen beim Neueinstellen der Abstimmautomatik erst das komplette Set herausziehen.

Die Abspeicherung *(Bild 3)* der ausgewählten Sender funktioniert einwandfrei, wenngleich die Bedienung dafür eher kompliziert anmutet. Jedenfalls wurden anfangs von uns einige Fehlbedienungen vorgenommen.

Verstärker: Solide und verläßlich

Der Leistungsverstärker kann sich durchaus sehen (bzw. hören) lassen. Er bietet 2 x 50 W Ausgangsleistung an 4 Ω, der Klirrfaktor wird bei 1 kHz mit 0,02% angegeben. Am Eingang liegen zwei Feldeffekttransistoren, die sicherlich für den guten Fremdspannungsabstand (niederpegelig, bewertet) von 110 dB sorgen.

Das Gerät ist komplett als Gleichstromverstärker aufgebaut, was bedeutet, daß Phasenverzerrungen durch Kopplungskondensatoren nicht auftreten. Eine speziell entwickelte Schutzschaltung, bestehend aus ICs und Relais, unterdrückt Störgeräusche beim Ein- und Ausschalten. Die Transistoren sind gegen Kurzschlüsse am Ausgang geschützt. Sollte umgekehrt durch einen Fehler Gleichstrom auf den Buchsen liegen, werden die Lautsprecher automatisch abgetrennt.

Im Netzteil findet sich ein Ringkern-Netztransformator und zwei großzügig dimensionierte Elkos von je 15 000 µF, was ausreichend Sicherheit gegen „Klemmen" verspricht. Es können Lautsprecher mit wahlweise 4 Ω oder 16 Ω Impedanz angeschlossen werden. Der Anschluß von zwei getrennten Lautsprecherpaaren ist möglich, dazu muß die Impedanz der Lautsprecher allerdings mindestens 8 Ω betragen. Der Anschluß der Lautsprecher *(Bild 4)* läuft wahlweise über DIN-Stecker mit Flachstift oder aber – was immer vorzuziehen ist – über Federklemmen. Vorne, an der Frontplatte, befindet sich die Kopfhörerbuchse.

Im Gebrauch verhielt sich der Verstärker durchaus unauffällig. Mit verschiedenen Boxen betrieben zeichnete er sich durch ein klares Klangbild aus, das auch bei größeren Lautstärken erhalten blieb. Mehr als bei anderen Verstärkern fiel uns auf, daß er gegen Falschpolung der Lautsprecher empfindlich ist: Das Klangbild „wackelt" dann sehr rasch. Dies hingegen spricht für den Verstärker und nicht gegen ihn.

Metallband-Kassettendeck mit Zeituhr

Beim Antrieb des Stereo-Kassettengerätes C400 hat man nicht gespart. Mit zwei Motoren auf Gleichlaufschwankungen von 0,1% (nach DIN 45500) bzw. 0,04% WRMS herunterzukommen, verdient Lob. Und Gleichlaufschwankungen gehören nun einmal zu den lästigsten Erscheinungen, die bei zu „billigen" Kassettengeräten stören. Die Umspulzeit für eine 60-Minuten-Kassette ist mit 90 s allerdings nicht gerade umwerfend. Die Nf-Daten halten sich im Mittelfeld. Der Frequenzbereich liegt bei Normalbändern zwischen 30 Hz bis 16 kHz, bei Reineisenbändern sind 17 kHz „drin". Gerade der letzte Wert enttäuscht eigentlich: 17 kHz kann man auf anderen Geräten bereits mit Chromdioxid-Bändern erreichen. Hochwertige Geräte – dann allerdings in einer anderen Preisklasse – gehen hier immer noch auf 14 Hz herunter und hören bei 21 kHz noch nicht auf.

Warum der Fremdspannungsabstand (nach DIN mit eingeschaltetem Dolby-B) sich mit 52 dB an der unteren Grenze des Machbaren bewegt, muß angesichts des übrigen Aufwands im Gerät schleierhaft bleiben.

Ein- und Ausgänge laufen wahlweise über Cinch-Stecker oder DIN-Kabel. Zwei Mikrofone mit Klinkenstecker (Impedanz 200 Ω bis 10 kΩ) sowie Kopfhörer können auf der Frontplatte angeschlossen werden. Bei gleichzeitiger Beschaltung des „Aufnahme"-Eingangs auf der Rückseite und der Mikrofonbuchsen werden die Mikrofone vorrangig bedient.

Eine automatische Verriegelung sorgt dafür, daß die Bedienungstasten für Vor- und Rücklauf außer Betrieb genommen werden, solange das Kassettenfach geöffnet ist. Die Einstellung auf den gewählten Bandtyp wird nach Vorspannung und Entzerrung getrennt vorgenommen. Das gilt insbesondere bei japanischen Geräten als Standard, ist für viele durchschnittliche Anwender aber lästig. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß dann doch einmal eine der beiden Einstellungen nicht wie vorgesehen vorgenommen werden.

Relativ ausführlich wird in der Gerätebeschreibung die Verwendung der optischen Spitzenwertanzeige für die optimale Einstellung der Aussteuerung bei den verschiedenen Bandtypen eingegangen. Das ist lobenswert, zumal der Zusammenhang zwischen Verzerrungen und maximalem Eingangspegel auf dem Band in Form von Kurven angegeben wird.

Bild 3. Ausschnitt von der rechten Hälfte der Tunerfrontplatte. Die Abspeicherung ausgewählter Stationen funktioniert einwandfrei, schließt aber wegen der kleinen Tasten eine Fehlbedienung nicht aus. Die rauhe Oberfläche der Frontplatte bewirkt bei Handbedienung einen „Fingernagelfeile"-Effekt, dessen Spuren dann auf der schwarzen Oberfläche deutlich erkennbar sind

Ein netter Gag ist, daß bei dem Gerät direkt von der Wiedergabe- in die Aufnahme-Funktion umgeschaltet werden kann, ohne vorher das Band zu stoppen. Das wird man zwar nicht oft brauchen: es ist aber für Aufnahmen in letzter Sekunde vielleicht ganz nützlich.

Wer seine Lieblingskassette den lieben langen Tag immer wieder hören möchte, wird an der Repeat-Stellung Freude haben: Nach Ablauf der Kassette wird sie automatisch zurückgespult und neu gestartet.

Im manuellen Betrieb ließ das Gerät außer den schon vorgebrachten Anmerkungen kaum Wünsche offen. Es hinterläßt einen robusten Eindruck und paßt sich in den Gesamtdaten den übrigen Bausteinen des Systems an.

Fernsteuerung RA40: Spielzeug für Technikverliebte

Die Redaktion gesteht, daß eine der Hauptgründe für den Test dieser Mini-Anlage die (nachrüstbare) Infrarot-Fernbedienung war. Sie ermöglicht eine Fernsteuerung des Tuners (Suchlauf, programmierte Sender), der Start/Stop-Funktion des Plattenspielers, sämtlicher Funktionen des Kassettenrecorders sowie der Lautstärkeregelung. Darüber hinaus kann die Netzspannung aller gesteuerten Bausteine (natürlich nicht die der Fernsteuereinheit in der Anlage) an- und abgeschaltet werden. Der Fernsteuer-Geber überbrückt etwa 6 m. Der Fernbedienungsempfänger im Rack ist so ausgelegt, daß die Übertragungsdaten der anderen Bausteine durch ihn nicht beeinflußt werden.

Im praktischen Betrieb wurden allerdings teilweise recht lustige Erfahrungen gemacht. Vielleicht lag das unter anderem daran, daß die Anlage beim Testen raumbedingt neben dem Fenster aufgebaut war: Fremdlicht scheint sie nicht besonders zu mögen, was sich manchmal in eigenwilligen Ergebnissen ausdrückte. So lief gelegentlich gegen alle Absicht das Kassettengerät beim Einschalten der Netzspannung an, obgleich der Tuner in Betrieb war. Ein andermal ließen sich die vorgespeicherten Stationen nicht abrufen, obgleich das ferngesteuerte Tuning funktionierte.

Wünschenswert schien auch, zusätzlich noch die Fernsteuermöglichkeit für Höhen und Tiefen auf dem Geber zu haben: Gerade bei Verwendung unterschiedlicher Bandtypen wurde dies schmerzlich vermißt. Daß bei Zuschalten eines externen Bandgerätes über den AUX-Eingang die Lautstärke aus dieser Quelle nicht über den Geber regulierbar ist, bleibt bedauerlich: oder hat die Redaktion trotz aller Versuche und trotz Studierens der Bedienungsanleitung die richtige Zusammenschaltung nicht gefunden?

Verständigungsprobleme

Stark gewöhnungsbedürftig sind die doch vergleichsweise langen Zeiten, mit denen der Fernbedienungsempfänger auf die gegebenen Befehle reagiert. Werksseitig werden die Zeiten von 0,1 s bis 1 s angegeben – wir haben aber auch 2 und 3 s festgestellt. Das führt zum „Unduldsamkeitseffekt": Obwohl der Befehl durch Aufleuchten einer LED quittiert wird, hat man nach einer Sekunde das Gefühl, das Gerät versteht einen nicht. Die Folge: man wiederholt den Befehl, probiert einen anderen Auftrag, wechselt vom Tuner in den Kassettenrecorder und bringt damit die Fernbedienung völlig durcheinander. Zwar heißt es in der Bedienungsanleitung so schön: „Die Tasten fest niederdrücken, bis das Gerät seine Arbeit aufnimmt" und „wenn die Betriebsart des Gerätes gewechselt werden soll, darf man die entsprechenden Tasten nicht zu rasch hintereinander drücken" – aber wer ist schon immer so vernünftig! Zumal die manuelle Bedienung der als Tipp-Tasten ausgelegten Bedienungselemente viel kürzere Reaktionszeiten herausfordert.

Also: Spielerei mit Geduldstrainung. Funktionieren tut's, wenn man sich an die Gebrauchsanleitung hält: „Drückt man eine Taste zur Änderung der Betriebsart kürzer als eine Sekunde, kann dies zu Betriebsstörungen führen."

Bild 4. Für den Lautsprecheranschluß sind Klemm- als auch DIN-Buchsen vorgesehen

Und noch ein paar Randbemerkungen...

Bleiben zum Schluß noch einige Anmerkungen übrig: Die ganze Anlage sollte unbedingt (wie vom Hersteller auch vorgesehen) untereinander geerdet werden. Die Redaktion hat erst nach längerem Herumprobieren den letzten Brumm eliminieren können. Auf den Kummer mit den Anschlußkabeln hatten wir schon hingewiesen: Wer die Anlage als ganzes kauft, ist gut beraten, diesem Punkt erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Wer hört schon gerne bei Beethovens Pianissimo-Stellen Hard-Rock von Ö3?

Die viersprachigen Bedienungsanleitungen bedürfen im deutschen Teil einer sprachlichen Überarbeitung: Manche Passagen sind nur für den Eingeweihten verständlich, wenn er den englischen Text dazu liest. Daß bei einer Anlage dieser Preisklasse überhaupt keine Schaltungsunterlagen mitgeliefert werden, halten wir für sehr bedauerlich. Aber hier fällt Wega aus dem Verhalten anderer Firmen weder positiv noch negativ heraus.

Die Frontplatten der Geräte haben eine vertikal grobgeschliffene Oberfläche. Nach mehrmaligem Drehen an den Bedienknöpfen zeigten sich deutlich helle Fingernagel-Abriebspuren auf der mattschwarzen Oberfläche. Vergeblich war unser Suchen nach dem schaltbaren Rumpelfilter.

Ganz leicht vom Gewicht her ist übrigens das komplett bestückte Mini-Rack auch nicht: Die 16 kg Masse zeigen aber, daß man offensichtlich an den Netzteilen nicht gespart hat. Wer ca. 2500 DM für die 25 cm breite und 32 cm hohe Anlage ausgeben möchte und Spaß an der hübschen Spielerei „Fernbedienung" hat, erhält hier eine formschöne und übersichtlich aufgebaute Anlage, an die man allerdings keine „überzüchteten" Anforderungen stellen darf.

Klaus H. Knapp

Stichworte zum Inhalt

Wega 400, fernsteuerbare Minianlage, Quarz-Synthesizer, Keramikfilter, Übersprechdämpfung, Gleichstromverstärker, Falschpolung der Lautsprecher.

Gerhard Domanski

Dreidimensionales Fernsehen

Der Wunsch, räumliche Bilder zu übertragen, ist so alt wie die Idee des Fernsehens. Schon in den ersten fernsehtechnischen Patenten finden sich Hinweise auf räumliche und farbige Übertragungsverfahren, die aber bei der Einführung des Fernsehens als öffentliche Einrichtung kaum Beachtung fanden. Dennoch wurden die räumlichen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren weiterentwickelt. Wie der folgende Aufsatz zeigt, ergeben sich daraus vielfältige Möglichkeiten für öffentliche 3D-Fernsehsysteme. Der Autor erzielte mit diesem Beitrag den 3. Platz im FUNKSCHAU-Preis '81 zum Thema „Kompliziertes verständlich dargestellt".

Angespornt wurde die Entwicklung des Fernsehens durch die Erfindung des Telefons. Aufsehen erregte jedoch erst das von Paul Nipkow im Jahre 1884 patentierte „Elektrische Teleskop", dessen Herz die heute berühmte Nipkowscheibe war. Da Nipkow jedoch vorwiegend theoretisch arbeitete, erlangten die auf der Nipkowscheibe beruhenden Systeme vor allem durch John Logie Bairds Versuche praktische Bedeutung.

Zunächst kamen aber noch die Einführung des Zeilenrasterverfahrens und die Erfindung der Synchronisation zwischen Sende- und Empfangsteil hinzu. Jetzt kam die Fernsehtechnik sichtbar voran, so daß sich besonders ehrgeizige Erfinder nicht nur Gedanken über farbiges, sondern sogar über räumliches Fernsehen machten. Baird griff auch diese Gedanken auf und führte 1928 erstmals ein stereoskopisches Fernsehsystem vor, für dessen Aufnahme- und Empfangsteil er doppelspiralige Nipkowscheiben konstruiert hatte.

Die weitere Entwicklung des Fernsehens führte dann aber über die Braunsche Röhre und Zworykins Ikonoskop zum elektronischen Fernsehen, so wie wir es heute kennen. Dadurch verschwand das 3D-Fernsehen zunehmend aus der Diskussion für ein öffentliches Fernsehen. Trotzdem arbeitete eine ganze Reihe von Technikern am 3D-Fernsehen weiter, da man im Bereich der Fertigungstechnik großes Interesse zeigte. Aber auch an Vorschlägen von neuen Verfahren für öffentliche 3D-Fernsehsysteme fehlte es nicht.

Mitte der 60er Jahre, eingeleitet durch die Erfindung des Lasers, bekam die 3D-Fernsehtechnik durch die jetzt mögliche Holografie einen neuen Aufschwung. Heute existieren, wie *Bild 1* zeigt, mehrere mögliche Verfahren. Um ihre Unterschiede zu verstehen, soll zunächst untersucht werden, wie der räumliche Eindruck beim Betrachter entsteht.

Räumliches Sehen

Unsere Augen bilden die Objekte unserer Umwelt in Form eines Paares zweidimensionaler Abbildungen auf die Netzhaut ab. Daraus gewinnt dann unser Gehirn seine visuellen Informationen. Eine geometrische Nachbildung dieses Abbildungsprozesses ist in *Bild 2* dargestellt. Linkes und rechtes Auge werden durch die beiden Zentren Z 1 und Z 2 symbolisert, die in gleicher Entfernung zur Bildebene liegen. Ein beliebiger Raumpunkt wird durch Ziehen der Projektionsstrahlen auf die Punkte P' und P'' in die Bildebene abgebildet. Beide Punkte liegen in bezug auf den Horizont gleich hoch.

Bild 3 zeigt das Bild eines Quaders in der Bildebene. Nähert man das Gesicht den beiden Bildern, bis sie ineinander verschmelzen, so wirkt der Quader räumlich. Dies beruht darauf, daß sich Links- und Rechtsbild des Quaders nicht vollkommen entsprechen, da das linke Auge den Gegenstand mehr von links und das rechte Auge ihn mehr von rechts wahrgenommen hat. Dieser Unterschied löst den Eindruck des Körperlichen aus. Der Unterschied zwischen dem Links- und Rechtsbild ist bei nahen Gegenständen größer als bei entfernten, wodurch unser Gehirn gelernt hat, ihn zu beurteilen und danach die Entfernung von Gegenständen abzuschätzen. Dieser Vorgang wird als Tiefenwahrnehmung bezeichnet.

Körperlich sehen und Tiefenwahrnehmung beruhen auf einem komplexen Zusammenspiel verschiedener visueller Faktoren. Bei Sehweiten von weniger als zwei Metern wirkt die Akkommodation, eine vom Auge vorgenommene Einstellung seiner Brennweite. Beim beidäugigen Fixieren eines Punktes müssen sich die Augäpfel ein wenig nach innen drehen. Dieser Vorgang wird Konvergenz genannt. Die bei Akkommodation und Konvergenz auftretenden Muskelbewegungen interpretiert das Gehirn als Information über den Raum. Eine weitere Information, besonders für mittlere Sehweiten, liefert der Parallaxenfehler. Fixieren

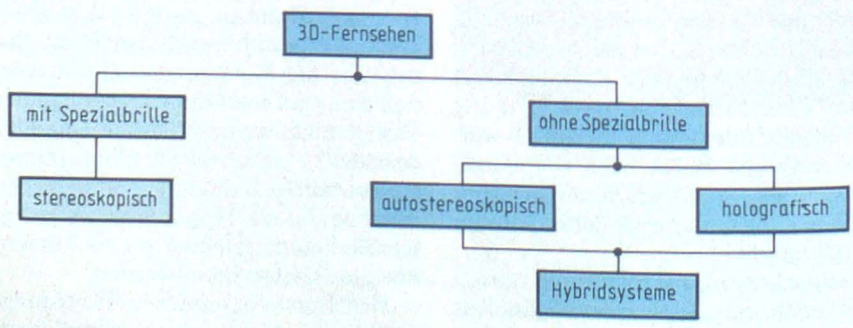


Bild 1. Übersicht bisher bekannter 3D-Fernsehverfahren

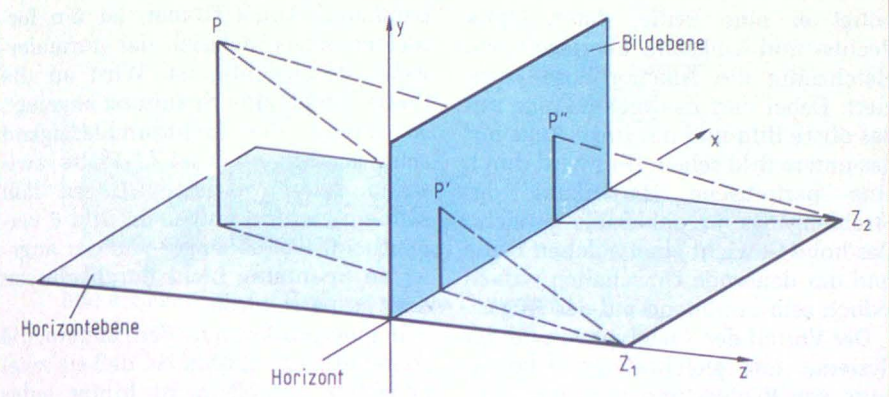


Bild 2. Geometrische Nachbildung des Sehprozesses mit zwei Augen

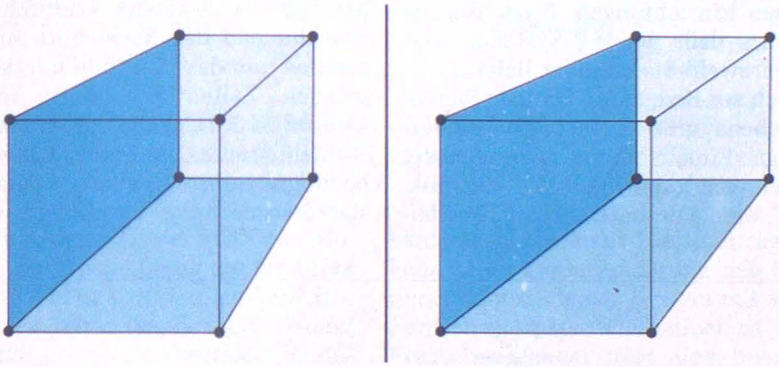


Bild 3. Stereoskopisches Bild eines Quaders

die Augen einen Punkt M – wie in *Bild* 4 verdeutlicht –, so fallen die Bilder in beiden Augen auf den sogenannten gelben Fleck g. Die Lichtstrahlen jedoch, die gleichzeitig von beliebigen nicht fixierten Punkten kommen, fallen nicht immer auf Deckstellen. Dieser Effekt heißt Parallaxenfehler.

Neben diesen physiologischen gibt es noch eine Reihe auf Erfahrung beruhender Faktoren, die wir aus der zweidimensionalen Abbildung herauslesen. So erscheinen Gegenstände, die sich im Vordergrund befinden, größer und schärfer als solche im Hintergrund. Außerdem tritt durch Überlappung eine teilweise Verdeckung des Hintergrundes auf. Künstler machen von diesen perspektivischen Eigenschaften schon seit dem 15. Jh. Gebrauch. Hinzu kommt noch die Wirkung der Schatten. So wird sicher schon jedem Fernsehzuschauer aufgefallen sein, daß eine Szene um so plastischer wirkt, je kontrastreicher sie ausgeleuchtet ist. Um den räumlichen Eindruck beim Betrachter weiter zu erhöhen, müßte das übertragene Bild eine Reihe zusätzlicher Informationen enthalten, auf die sich die Kriterien des räumlichen Sehens anwenden lassen. Da dies mit den herkömmlichen Möglichkeiten der Fernsehtechnik nicht zu bewerkstelligen ist, sind zum Übergang vom zwei- zum dreidimensionalen Fernsehen neue Verfahren notwendig.

3D-Fernsehverfahren

Das 3D-Fernsehen läßt sich über das Kriterium, ob zum Betrachten eine Spezialbrille notwendig ist oder nicht, in die drei Hauptgruppen stereoskopisches, autostereoskopisches und holografisches Fernsehen einteilen. Beim stereoskopischen Fernsehen werden Rechts- und Linksbilder übertragen, die so überlagert werden, daß für den Betrachter ein räumlicher Eindruck entsteht. Der Überlagerungsvorgang erfolgt entweder, indem der Zuschauer eine Spezialbrille trägt, oder er wird im Empfangsgerät erzeugt.

Beim autostereoskopischen Fernsehen wird die räumliche Wirkung des Bildes durch Verwendung eines Spezialbildschirmes erreicht, so daß der Betrachter keine Spezialbrille tragen muß.

Beim holografischen Fernsehen wird nicht nur die Links- und Rechtsinformation, sondern die gesamte Information des räumlichen Bildes übertragen. Über einen geeigneten Bildschirm läßt sich das räumliche Bild so wiedergeben, daß der Betrachter seine Position zum Bildschirm ändern kann und dadurch die Szene mehr von links oder rechts sieht. Der Bildschirm könnte sogar so konstruiert werden, daß die Szene von hinten zu sehen ist. Die Aufnahme erfolgt mit Lasern. Auch beim autostereoskopischen Fernsehen läßt sich der Effekt des Positionswechsels zum Bildschirm erreichen, wenn die Aufnahme mit vielen Kameras, die aus verschiedenen Blickrichtungen aufnehmen, erfolgt. Außerdem besteht noch die Möglichkeit, Hybridsysteme aus Lasern und gewöhnlichen Kameras zu verwenden. Diese Verfahren bieten vor allem übertragungstechnische Vorteile.

Stereoskopisches Fernsehen

Eine besonders für industrielle Anwendungen häufig benutzte Methode

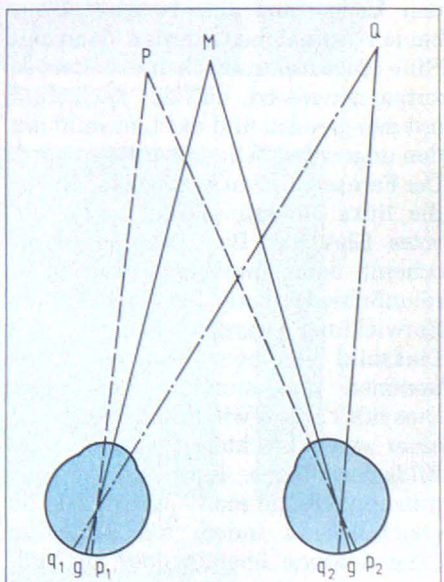


Bild 4. Entstehung des Parallaxenfehlers. Die Bilder der nicht fixierten Punkte P und Q fallen im Auge nicht auf Deckstellen

Gerhard Domanski (Jahrgang 1957) war nach der Mittleren Reife Praktikant bei den Firmen Noller in Ludwigsburg und SEL in Stuttgart. Nach dem Abitur 1978 und Zivildienst ist er jetzt Verwaltungsangestellter am Landratsamt Ludwigsburg.

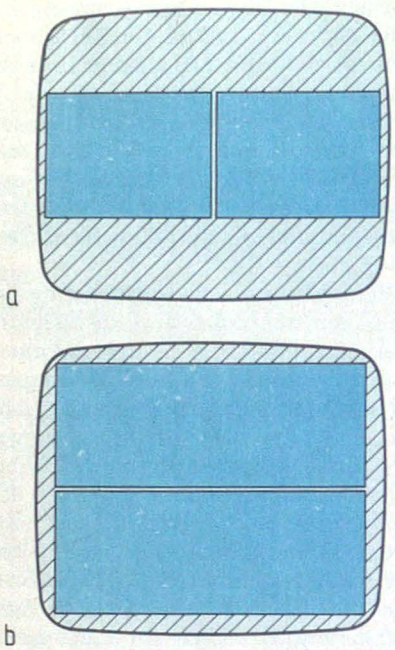


Bild 5. Ausnutzung der Bildschirmfläche bei Simultan-Übertragung von Rechts- und Linksbild:
a) natürliche Anordnung
b) in Längsrichtung verzerrte Anordnung

sind die Anaglyphen. Dabei wird das dem linken Auge entsprechende Bild rot und das dem rechten Auge entsprechende Bild grün ausgeführt. Die Aufnahme erfolgt meist, indem vor der Kamera ein Spiegel aufgestellt wird, der nur für Rot und Grün durchlässig ist. Gleichzeitig erzeugt dieser Spiegel die dem Augenabstand entsprechenden Links- und Rechtsbilder. Diese beiden Aufnahmen werden dann mit Hilfe eines elektronischen Schalters so zusammengesetzt, daß das Rechtsbild mit den geraden und das Linksbild mit den ungeraden Zeilen übertragen wird. Der Fernsehzuschauer trägt eine Brille, die links ein grünes und rechts ein rotes Glas hat. Das Fernsehbild erscheint dann dunkelgrau mit guter räumlicher Wirkung. Bei einer anderen Entwicklung werden Rechts- und Linksbild von zwei Kameras aufgenommen und simultan übertragen. Dies führt aber – wie *Bild 5a* zeigt – zu einer sehr schlechten Ausnutzung der Bildschirmfläche. Eine bessere Ausnutzung erreicht man – wie in *Bild 5b* ersichtlich –, indem die Bilder in Längsrichtung übereinander angeordnet werden. Dazu müssen die beiden Teilbilder jedoch verzerrt werden. Der Fachmann nennt diesen Vorgang Anamorphose. Damit der Fernsehzuschauer das Stereobild betrachten kann, benötigt er eine Brille, deren Optik Rechts- und Linksbild überlagert und gleichzeitig die Anamorphose korrigiert. Dabei darf das rechte Auge nur das obere Bild und das linke Auge nur das untere Bild sehen. Dies wird durch eine periodische Umlenkung des Strahlengangs in der Brille erreicht. Das hohe Gewicht einer solchen Brille und das dauernde Umschalten wirken jedoch sehr ermüdend auf das Auge.

Der Vorteil der Anaglyphen und der Systeme mit gleichzeitiger Übertragung von Rechts- und Linksbild liegt in ihrer Einfachheit und der daraus resultierenden leichten Realisierbarkeit mit unseren heutigen fernsehtechnischen Einrichtungen. Nachteilig ist jedoch, daß beide Systeme nur Schwarzweiß-Stereobilder liefern.

Auch zur Erzeugung farbigen Stereofernsehens gibt es viele Systemvorschläge. Eine moderne Lösung bietet die Verwendung von PLZT-Keramik. PLZT, eine Kurzbezeichnung für Blei-Lanthan-Zirkonat-Titanat, ist ein ferroelektrisches Material, das normalerweise durchsichtig ist. Wird an die Probe jedoch eine Spannung angelegt, so nimmt die Lichtdurchlässigkeit stark ab. Mit einer PLZT-Platte zwischen zwei Polarisationsfiltern läßt sich ein Lichttor aufbauen. *Bild 6* verdeutlicht, daß abhängig von der angelegten Spannung Licht durchgelassen oder gesperrt wird.

In eine gewöhnliche Farbkamera, die so modifiziert worden ist, daß sie zwei Objektive enthält, wird hinter jedes Objektiv ein Lichttor eingebaut. Das Öffnen und Schließen des Lichttors wird über den Zeilenimpulsgenerator der Kamera gesteuert. Dadurch wird erreicht, daß das Rechtsbild mit den geraden und das Linksbild mit den ungeraden Zeilen übertragen werden kann. *Bild 7* zeigt die Anordnung der Aufnahmeseite. Der Fernsehzuschauer benötigt zum Empfang derartiger stereoskopischer Fernsehsendungen

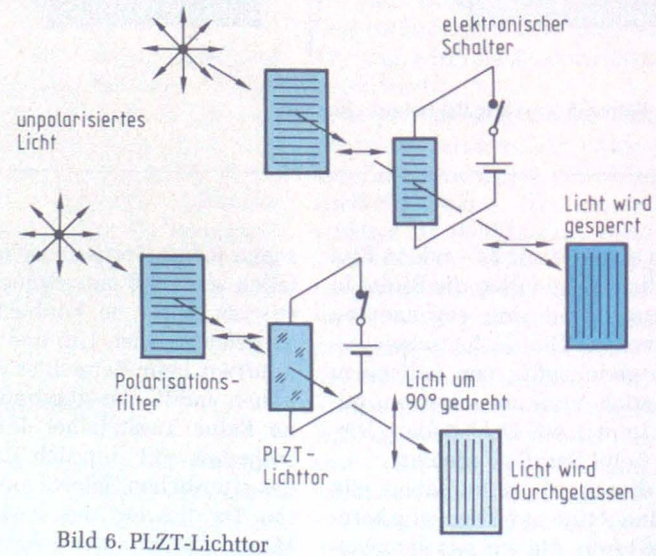


Bild 6. PLZT-Lichttor

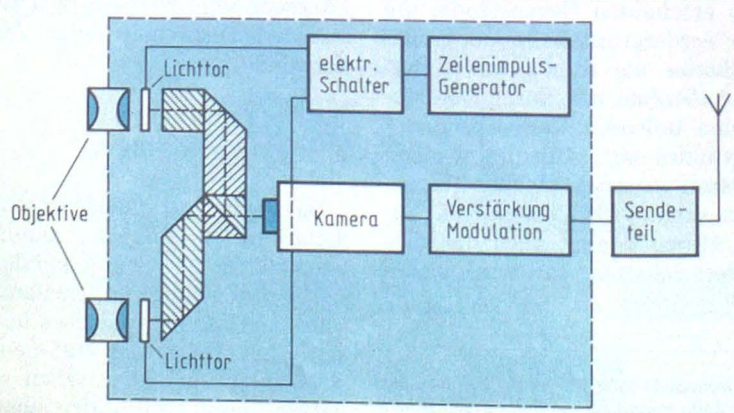


Bild 7. Kamera für stereoskopisches Fernsehen

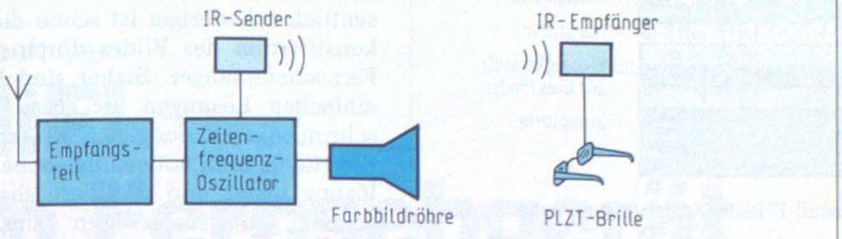


Bild 8. Empfänger für stereoskopisches Fernsehen

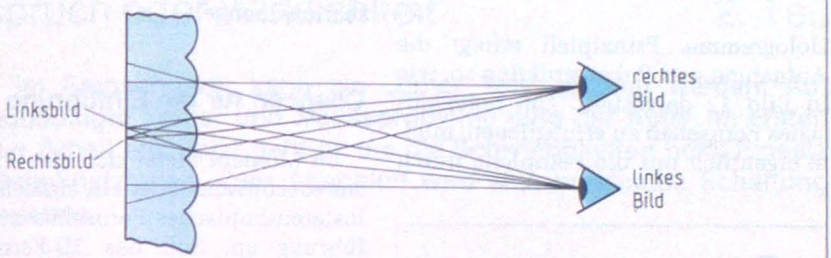


Bild 9. Strahlengang beim Bildschirm mit halbzylindrischen Linsen

eine Brille, deren Gläser PLZT-Lichttore sind. Die Ansteuerung der Lichttore erfolgt – wie aus *Bild 8* ersichtlich – über einen Infrarotsender. Der Sender wird mit der Zeilenfrequenz moduliert. Eine in den Brillenrahmen eingebaute Empfangsschaltung bewirkt dann das Auf- und Zumachen der Lichttore. Im Gegensatz zu elektromechanischen Brillen ist das Tragen von PLZT-Brillen kaum ermüdend für die Augen.

Von öffentlicher Seite war bisher das Interesse an diesen Systemen sehr gering. Eine Ausnahme bilden die großen privaten Fernsehgesellschaften, besonders in Amerika, die sich durch Einführung des stereoskopischen Fernsehens eine Steigerung ihrer Zuschauerzahlen erhoffen.

Das australische Modell

Seit Mai 1979 erprobt die australische Fernsehstation TVN-9 stereoskopisches Fernsehen. Das System wurde mit amerikanischer Unterstützung von der holländischen Firma Digital Optical Technology Systems (DOTS) entwickelt. Statt Rechts- und Linksbilder verwendet DOTS eine komplizierte Aufnahmeoptik, die Vorder- und Hintergrund mit unterschiedlicher Schärfe aufnimmt. Gleichzeitig wird mit Hilfe von Farbfiltern das gesamte Bild mit einer Farbcodierung versehen. Anschließend wird die Farbgebung mittels Computertechnik bis auf einen mit dem bloßen Auge nicht mehr erkennbaren Wert verstärkt. Die Übertragung kann ohne große Änderung des Senders erfolgen, da das System mit allen Fernsehstandards kompatibel ist. Der Fernsehzuschauer trägt eine Spezialbrille mit Farbfiltern, die es ermöglicht, die farbcodierten Objekte räumlich zu sehen. Bisher erfreuten sich die Sendungen überaus positiver Zuschauerresonanz. Besonders erstrebenswert sind jedoch Verfahren ohne Spezialbrille.

Autostereoskopisches Fernsehen

Bei den autostereoskopischen Systemen liegt das Hauptproblem in der Entwicklung eines geeigneten Bildschirms. Ein Großteil der bisher bekannten Systeme nützt den Parallaxenfehler aus. Ein besonders einfaches Verfahren ist das Anbringen eines feinmaschigen Gitters vor dem Bildschirm. Der Gitterabstand ist dabei so bemessen, daß ein Bildpunkt nie auf Deckstellen im Auge fällt. Dadurch entsteht beim Betrachter der räumliche Eindruck. Eine andere Methode verwendet bei der Aufnahme und Wiedergabe transparente Kunststoffolien mit mehreren tausend Sammellinsen. Jeder Bildpunkt wird dadurch mehrmals auf die lichtempfindliche Schicht der Kamera abgebildet. Bei der Rekonstruktion des Bildes wird dieser Vorgang umgekehrt, so daß ein räumliches Bild entsteht. Beide Methoden haben jedoch nur eine geringe Tiefenwirkung und sind außerdem noch von der Position des Betrachters abhängig.

Eine Verbesserung bringt die Verwendung eines Bildschirms mit nebeneinander angeordneten halbzylindrischen Linsen. *Bild 9* zeigt, daß die Wir-

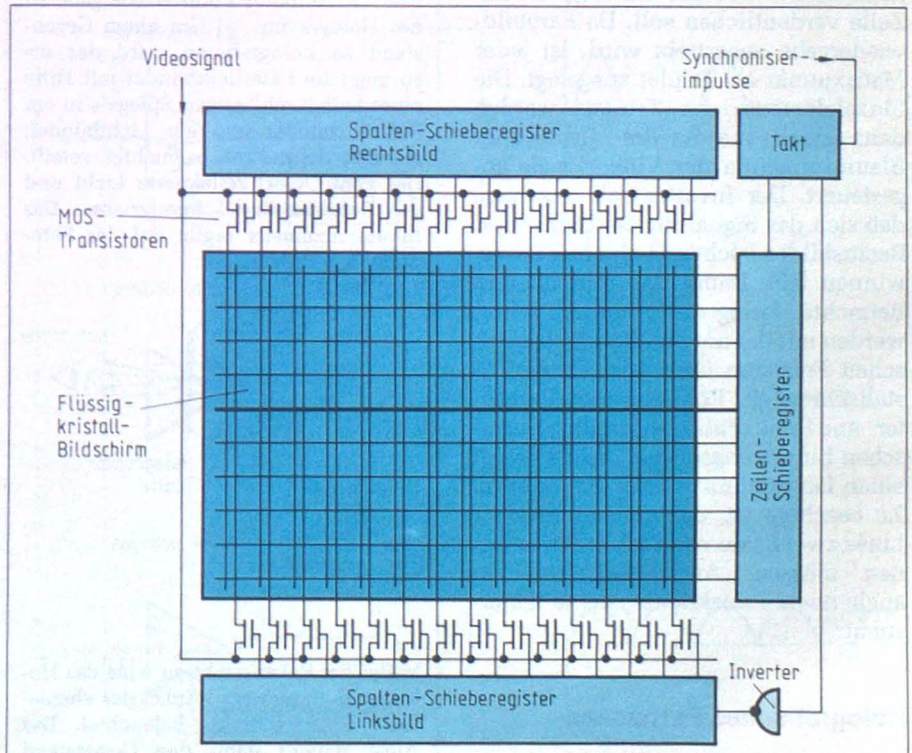


Bild 10. Flüssigkristall-Bildschirm zur Wiedergabe stereoskopischen Fernsehens

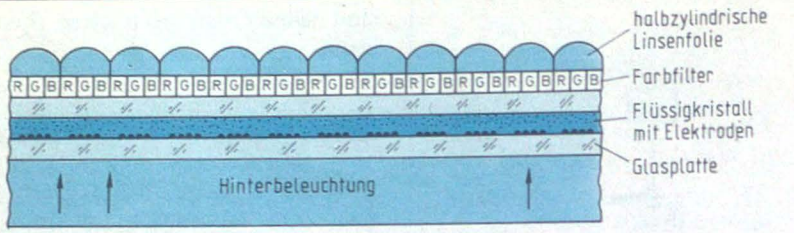


Bild 11. Längsschnitt durch einen Flüssigkristall-Bildschirm zur Wiedergabe stereoskopischer Bilder

kungsweise dieser Linsen auf einem horizontalen Parallaxenfehler beruht. Der Nachteil aller dieser Systeme ist jedoch, daß mit den bisherigen Bildabtastmethoden die durch Linsen und Gitter geforderte Genauigkeit nicht erreicht werden kann. Bildschirme mit Matrix-Ansteuerung können diesen Nachteil beseitigen. Die Matrixadressierung kann punkt- oder zeilenweise erfolgen. Um über einen flachen, matrixadressierten Bildschirm stereoskopische Bilder wiedergeben zu können, werden die Spalten jeweils doppelt ausgelegt. Die eine Spalte bildet die Information des Rechtsbildes, die andere die des Linksbildes ab.

Bild 10 zeigt stark vereinfacht die Ansteuerung eines derartigen Flüssigkristall-Bildschirms. Dabei wird das Verfahren der gleichzeitigen Übertragung von Rechts- und Linksbild verwendet. Die Matrix wird zeilenweise angesteuert, wie die hervorgehobene Zeile verdeutlichen soll. Da Farbbildwiedergabe angestrebt wird, ist jeder Matrixpunkt als Triplet ausgelegt. Die Einzelelemente des Triplets werden dann jeweils mit der Rot-, Grün- oder Blauinformation des Videosignals angesteuert. Der Inverter soll anzeigen, daß sich das Signal für die Links- und Rechtsbilder leicht aus einem Takt gewinnen läßt. Damit das Bild für den Betrachter farbig und räumlich wirkt, werden mit der notwendigen geometrischen Präzision über dem Flüssigkristallschirm ein Rot-Grün-Blau-Farbfilter und eine Folie aus halbzylindrischen Linsen angeordnet. *Bild 11* zeigt einen Längsschnitt durch den Schirm. Zu beachten ist, daß sich unter jeder Linse zwei Paare von Elektroden befinden müssen. Andererseits werden auch noch Projektionssysteme untersucht.

Holografisches Fernsehen

Es gibt heute sehr viele Verfahren zur Erzeugung einfarbiger oder farbiger Hologramme. Prinzipiell erfolgt die Aufnahme und Rekonstruktion so, wie in *Bild 12* dargestellt. Um holografisches Fernsehen zu ermöglichen, müßte eigentlich nur die Fotoplatte durch die lichtempfindliche Schicht einer Fernsehkamera ersetzt werden. Wesentlich schwieriger ist schon die Rekonstruktion des Bildes durch einen Fernsehempfänger. Bisher sind keine einfachen Lösungen für einen Bildschirm bekannt, der gleichzeitig die für das Hologramm notwendige hohe Auflösung bietet und das Fernsehsignal schnell genug verarbeiten kann. Ein fast unüberwindliches Problem ist jedoch die riesige zu übertragende Informationsmenge.

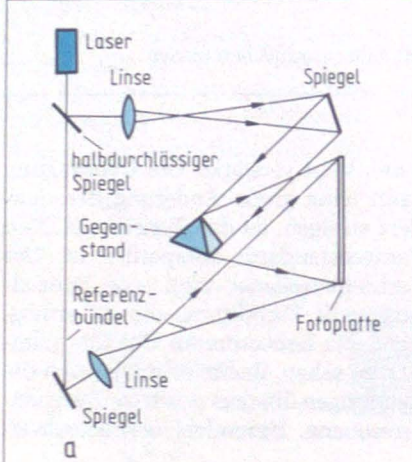
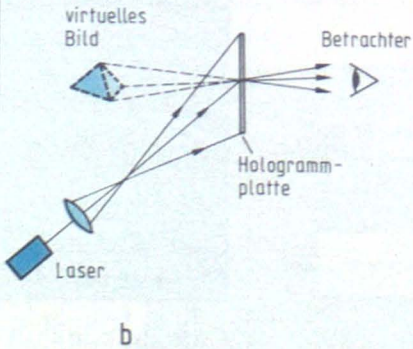


Bild 12. Aufnahme und Wiedergabe eines Hologramms. a) Um einen Gegenstand zu holografieren, wird das ursprüngliche Laserlichtbündel mit Hilfe eines halbdurchlässigen Spiegels in ein Referenzbündel und ein Lichtbündel, das den Gegenstand beleuchtet, geteilt. Das vom Objekt reflektierte Licht und das Referenzbündel interferieren. Das Interferenzmuster ergibt auf der Fotoplatte das Hologramm



b) Bei der Rekonstruktion wird das Hologramm unter dem Winkel des ehemaligen Referenzstrahls beleuchtet. Das Auge scheint dann den Gegenstand räumlich zu sehen

Chancen für die Einführung

Im Moment bietet sich also nur das stereoskopische oder ein einfaches autostereoskopisches Fernsehen zur Einführung an. Soll das 3D-Fernsehen nicht nur ein kurzfristiger Werbegag sein, sondern auf lange Sicht eingeführt werden, sind zunächst Versuchssendungen mit den einzelnen Systemen notwendig. Außerdem sollte von Anfang an die Übertragung mittels Lichtwellenleiter in Betracht gezogen werden. Hinzu kommt noch eine genaue Untersuchung der möglichen Redundanzreduktion. Besonders in digitalen Systemen mit Simultanübertragung der gesamten Bildpunktinformation sind große Einsparungen an Bandbreite möglich. Als Testsendungen könnten zunächst wissenschaftliche Beiträge dienen, da hier ein aufgeschlossenes Publikum zusieht. Sofern nur einfache Spezialbrillen verwendet werden, ließen sich diese den großen Programmzeitschriften beilegen.

Aber warten wir ab, vielleicht verhilft gerade der flache Bildschirm dem 3D-Fernsehen zum Durchbruch.

Literatur

[1] *Chauvierre, M.*: La Télévision en Relief (3DTV). Edition Techniques et Scientifiques Françaises, Paris 1978 (besprochen unter „Neue Bücher" FUNKSCHAU 1978, Heft 20, Seite 991).
[2] *Okoshi, T.*: Three Dimensional Imaging Techniques. Academic Press, New York 1976.
[3] Dutch firm to test compatible 3-d TV system, Electronics, April 12, 1979, p.50.

Stichworte zum Inhalt

3D-Fernsehen, Nipkow-Scheibe, stereoskopisches Fernsehen, Zworykins-Ikonoskop, autostereoskopisches Fernsehen, Parallaxenfehler, holografisches Fernsehen, PLZT-Platte, Flüssigkristall-Bildschirm.

Herbert Sax

HiFi im Fernsehgerät

Anspruch oder Wirklichkeit — 2. Teil

Auch im Fernsehgerät kann ein „guter Ton" erzeugt werden. Auf aufbaubedingte Fehler und Masseprobleme ging der Autor im ersten Teil der Arbeit ein. Jetzt geht es um die Schwierigkeiten beim Einsatz von Schaltnetzteilen. Zum Abschluß wird eine praktische Schaltung beschrieben.

Nf-Endstufe + Schaltnetzteil = ein Problem

Zu den Wünschen einer allgemeinen Qualitätsverbesserung des TV-Tones gehört auch die Leistungssteigerung der Endstufe. Demgegenüber steht die begrenzte Leistungsfähigkeit des Schaltnetzteiles, die es bisher erschwerte, Endstufen mit mehr als 12 W Sinusleistung einzusetzen. In bezug auf die gerade neu eingeführte Stereofonie befindet man sich hier in einem Dilemma und ist gezwungen, nach neuen Lösungswegen zu suchen.

Betrachten wir einmal die Ursache, worin die Leistungsbegrenzung begründet ist. Eine Nf-Endstufe mit einer Sinusleistung von 12 W an 4 Ω hat einen Ausgangsspitzenstrom von

$$I_s = \sqrt{\frac{2P}{R}} \approx 2{,}5\ \text{A}.$$

Die Versorgungsspannung ergibt sich aus

$$(2\ I_s \cdot R_{Last}) + 2\ V_{CE\ sat}.$$

Setzen wir für die Summen-Sättigungsspannung plus einer Sicherheitsreserve 4 V ein, kommt man auf 24 V. Für die meist verwendete Standardendstufe (Bild 1), deren Funktionsprinzip nochmals in Bild 9 a und b gezeigt ist, errechnet sich die während der positiven Halbwelle aus dem Netzteil entnommene Spitzenleistung $P_{max} = V_s \cdot I_{out\ s} \approx 60$ W. Demgegenüber ist die mittlere Leistung mit

$$P_M = \frac{P_{max}}{\pi} \approx 19\ \text{W}$$

vergleichsweise niedrig.

Angesichts der Tatsache, daß moderne Color-TV-Konzepte oft nur noch eine Leistungsaufnahme von 50 W haben, bedeutet dies für das Netzteil eine extrem hohe Kurzzeitbelastung. Um nun das Netzteil nicht auf Spitzenleistung dimensionieren zu müssen, wurde bislang ein Integrator (*Bild 10*) R_s/C_s als Leistungsspeicher eingesetzt.

Dies hat zwei Nachteile: zum einen geht am Siebwiderstand R_s zusätzliche Leistung durch den Effektivstrom verloren, die nur durch eine Aufstockung der Sekundärwicklung zu kompensieren ist, und zum anderen muß, um einen weiteren Verlust an Nf-Leistungsbandbreite bei niedrigen Frequenzen zu vermeiden, der Speicherkondensator C_s erhebliche Werte annehmen, wie das folgende Rechenbeispiel zeigt.

Will man die Spitzenstrombelastung des Netzteiles halbieren, muß beispielsweise für ein 20-Hz-Sinussignal der Kondensator C_s zwischen 45° und 135° der positiven Signalhalbwelle 13 ms lang einen Strom von 1,25 A bei einem zugelassenen Spannungsabfall von max. 10 % V_s (2,4 V) aufbringen. Dazu errechnet sich:

$$C_s\ (\text{Einheit: } \frac{\text{As}}{\text{V}}) = \frac{I \cdot t}{\Delta V} = \frac{1{,}25\ \text{A} \cdot 13\ \text{ms}}{2{,}4\ \text{V}} \approx 6800\ \mu\text{F}.$$

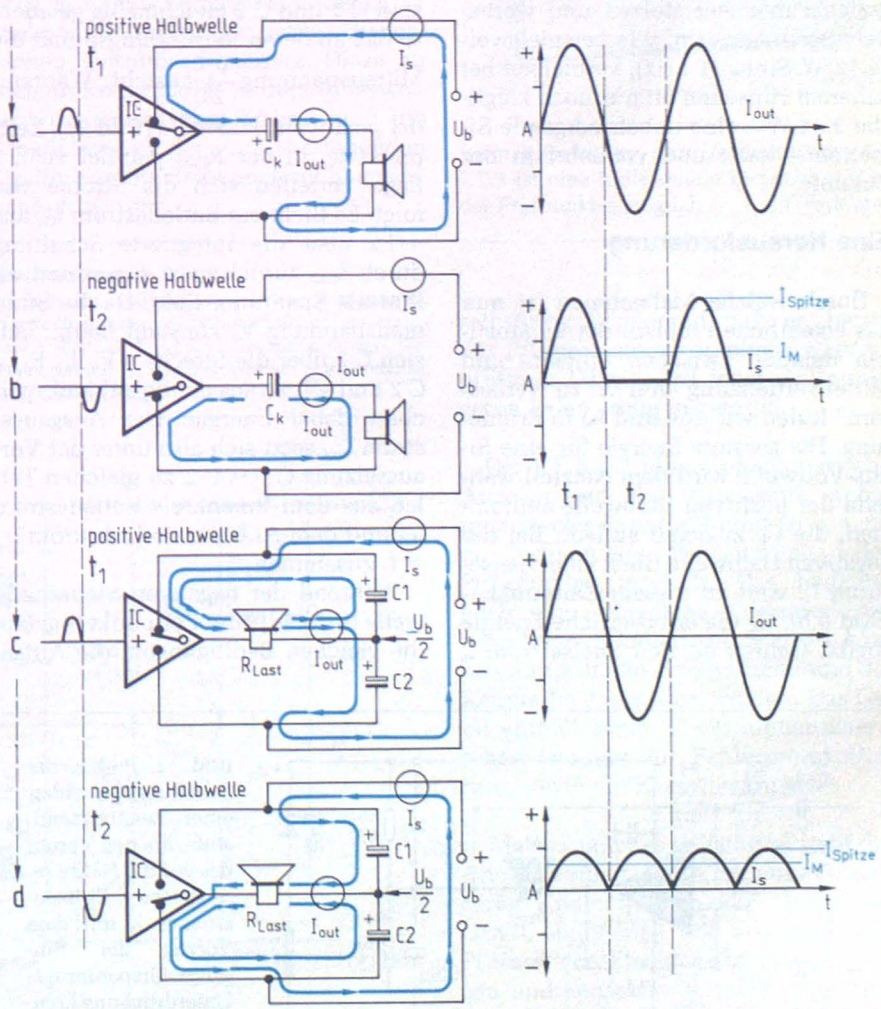


Bild 9. Zeitlicher Verlauf des Versorgungsstroms I_s im Vergleich zum Ausgangsstrom I_{out} zwischen Standardschaltung a, b und Aktiv-Passivbrücke c, d

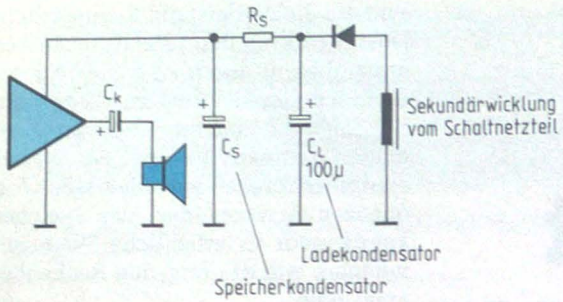


Bild 10. Typische Schaltung zur Aufbereitung der Versorgungsspannung einer Nf-Endstufe aus einem Schaltnetzteil

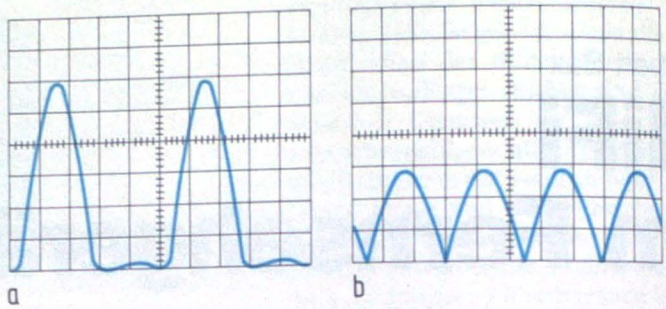


Bild 11. In der Versorgungsleitung gemessener Kurvenverlauf des Endstufenstromes I_s der Schaltung nach Bild 8a im Vergleich zu Schaltung nach Bild 12. Die Halbierung des Spitzenstromes ist deutlich zu erkennen

Im Vergleich hierzu sind die typischen Werte von C_s, wie sie häufig in Schaltbildern zu finden sind, geradezu bescheiden.

Es wird also stillschweigend in Kauf genommen, daß in den unteren Frequenzbereichen, wo es ja nach der statistischen Amplitudenverteilung besonders wichtig wäre, ein erheblicher Leistungsabfall zu verzeichnen ist. Angesichts mancher stolzen und werbeträchtigen Angaben, wie beispielsweise 12 W Sinus (1 kHz), verbleiben bei näherem Hinsehen oft nur noch klägliche 3...4 W – eine unbefriedigende Situation –, jetzt und vermehrt in der Zukunft.

Eine Herausforderung

Durch welche Maßnahmen ist nun das eigentliche Problem der ungünstigen Relation zwischen Spitzen- und Mittelwertleistung von π zu verbessern? Rufen wir uns Bild 9a in Erinnerung: Die gesamte Energie für eine Sinus-Vollwelle wird dem Netzteil während der positiven Halbwelle entnommen, die C_K zugleich auflädt. Bei der negativen Halbwelle fließt kein Speisestrom I_s, weil zu diesem Zeitpunkt t_2 (Bild 9 b), C_K die erforderliche Energie abgibt. Gelingt es, den Speisestrom I_s während jeder Halbwelle zwischenzuspeichern und auf beide zu verteilen, halbiert sich I_s zwangsläufig und steht I_{Mittel} nur noch im Verhältnis $\frac{\pi}{2}$ gegenüber.

Die Lösung ist eine Brückenschaltung, bestehend aus einem aktiven und einem passiven Zweig, wie in *Bild 9 c und d* gezeigt wird. Im Ruhezustand sind C 1 und C 2 gleichmäßig geladen, so daß an deren Verbindungspunkt die Mittenspannung $\frac{V_s}{2}$ ansteht. Während der positiven Halbwelle (Bild 9c), Zeitpunkt t_1, in der R_{Last} parallel zu C 1 liegt, verteilen sich die Ströme wie folgt: Es fließt ein Entladestrom I_{C1} aus +C 1 über die integrierte Schaltung durch R_{Last} zurück zu –C 1, wodurch an ihm die Spannung sinkt. Da die Summenspannung V_s konstant bleibt, lädt sich C 2 über die Strecke $+V_s$, I_C, R_{Last}, C 2 und $-V_s$ zwangsläufig auf und speichert dabei Energie. Der Ausgangsstrom I_{out} setzt sich also unter der Voraussetzung C 1 = C 2 zu gleichen Teilen aus dem Innenkreis Entladestrom I_{C1} und dem Außenkreis-Ladestrom I_{C2} = I_s zusammen.

Während der negativen Steuerhalbwelle (Bild 9d) zum Zeitpunkt t_2 gelten die gleichen Bedingungen, die Aufgaben von C 1 und C 2 sind lediglich vertauscht. Beim Vergleich der Diagramme des Versorgungsstromes I_s zwischen der konventionellen Schaltung (Bild 9 a und b) mit der neuen Konfiguration (Bild 9 c und d) ist der Vorteil für das Netzteil unschwer zu erkennen. Siehe auch hierzu die entsprechenden Oszillogramme in *Bild 11*.

Praktische Schaltung

Ziel ist der Entwurf einer Schaltung, die alle bisher gewonnenen Vorteile und Erkenntnisse in sich vereint, und im Vergleich zu konventionellen Prinzipien keinen größeren Bauteileaufwand erforderlich macht. *Bild 12* zeigt die praktische Schaltung hierzu, die mit einem 30-W-HiFi-Nf-IC realisiert wurde. Das Funktionsprinzip macht es erforderlich, daß die Eingangskonfiguration des ICs mit der eines Operationsverstärkers identisch ist. Verwendbar hierzu sind, je nach gewünschter Leistung, TDA 2006, TDA 2030, TDA 2040 oder funktionsgleiche Typen.

Die Elektrolythkondensatoren C4 und C5, die den passiven Teil des Brückenzweiges der Endstufe bilden, sorgen für eine gleichmäßige Verteilung des Summenstromes I_s auf beide Steuerhalbwellen. V_{out} liegt hierdurch mit R_{Last} hoch, und muß demzufolge beidseitig gegengekoppelt werden. R5 und R6 erzeugen die Mittenspannung, die über R3 in den nichtinvertierenden IC-Eingang eingespeist wird. Sie müssen niederohmig sein, damit ein möglicher Ausgangs-Offsetstrom des ICs das Mittenpotential nicht zu stark verschiebt. Durch die totale Symmetrie des Steuer- und Gegenkopplungsnetzwerkes ergibt sich sowohl für den Steuer- als auch für den Lastkreis eine

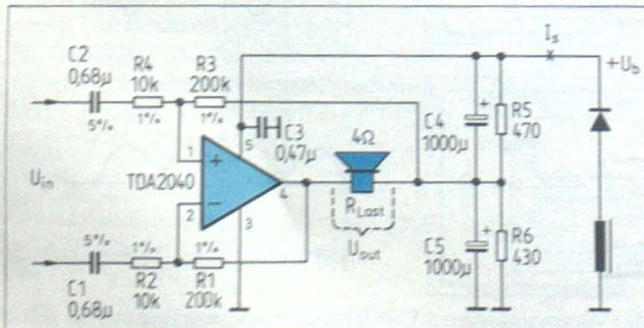


Bild 12. Praktischer Schaltungsvorschlag einer Leistungsendstufe, die den Vorteil des auf die Hälfte reduzierten Spitzenstromes I_s mit dem Vorzug der Eingangsstörspannungs-Unterdrückung kombiniert

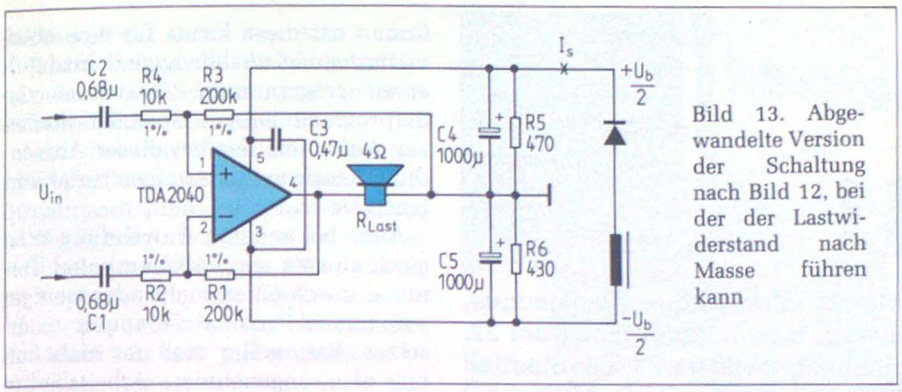


Bild 13. Abgewandelte Version der Schaltung nach Bild 12, bei der der Lastwiderstand nach Masse führen kann

hohe Gleichtaktunterdrückung. Störanteile zwischen Endstufe und Generatormasse am Eingang, als auch Störpotential aus $+V_s$ über C4 in den Fußpunkt von R_{Last} eingekoppelt, bleiben ohne Wirkung.

Einziger Nachteil dieser Schaltung ist, daß der Fußpunkt des Lastwiderstandes auf einer Gleichspannung liegt. Wen dies stört, der kann die Schaltung wie in *Bild 13* gezeigt, abändern, wobei der Lautsprecher dann wie gewünscht nach Masse führt. Das Netzteil ändert sich dabei nicht, es muß lediglich massefrei sein.

Will man zwei Kanäle, also eine Stereoendstufe an einem Netzteil betreiben, ist der zusätzliche Bauelementeaufwand im Vergleich zu konventionellen Lösungen gering. *Bild 14* zeigt ein optimiertes Schaltungskonzept hierzu, denn die Ladekondensatoren C4, C5 sowie der Mittenspannungsteiler R5, R6 und das positive Rückführungsnetzwerk C2, R3, R4 sind nur einmal erforderlich, wodurch die Wirtschaftlichkeit dieser Schaltungsart besonders betont wird.

Schlußbemerkung

Die in diesem Beitrag aufgezeigten Probleme erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit; auch die vorgeschlagenen Lösungen hierzu sind sicherlich kein Allheilmittel gegen jegliche Schwierigkeiten. Dazu ist das alte und doch ständig aktuelle Thema Nf-Endstufe technisch zu komplex und subjektiv betrachtet zu umstritten. Schmückt man es zusätzlich mit den Beinamen HiFi und Stereo und überträgt es auf das Fernsehen, bildet es für viele ein Reizwort, das heftige Diskussionen auszulösen vermag. Diese an sich im Kern richtige Betrachtungsweise wird jedoch fragwürdig, wenn die Möglichkeiten der z. Z. bestehenden Technik größtenteils noch nicht ausgeschöpft werden.

Stichworte zum Inhalt
Nf-Endstufe, Klirrfaktor, Störsignalspannung, Netzteilbelastung, Schaltungsaufbau, gemeinsamer Fußpunkt, Eingangs-, Gegenkopplungs-, Generatorfußpunkt, Boucherot-Glied, Schaltnetzteil, Brückenschaltung.

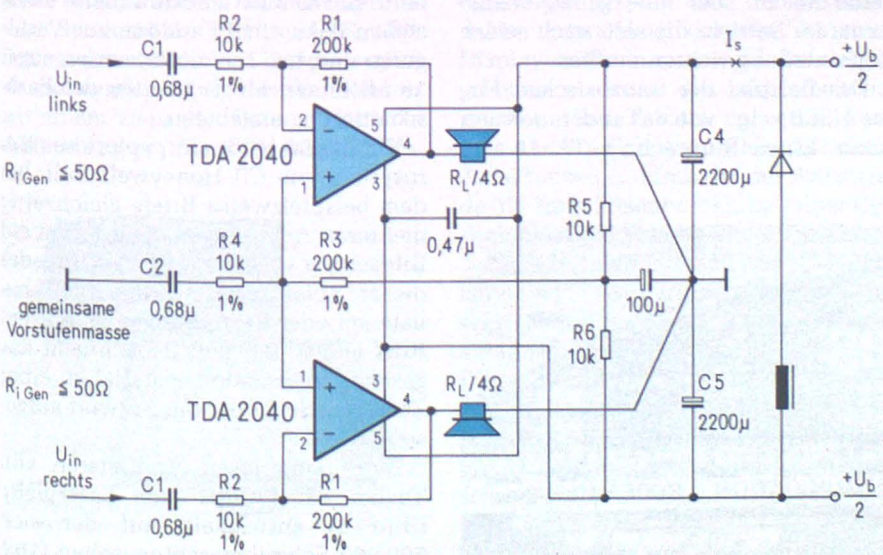


Bild 14. Schaltungsvorschlag für eine aus einem Schaltnetzteil betriebene Zwei-Kanal-Endstufe für ein Stereo-Fernsehgerät mit 2 × 20 W Nennleistung.

Kabelbaum- und Verdrahtungstester

Die Einsatzmöglichkeiten des Kabelbaum- und Verdrahtungstesters KT 5 von Atg-Electronic *(Bild)* beschränken sich nicht nur auf das Prüfen, sondern erlauben auch einen Einsatz in der Fertigungsüberwachung. Das Gerät hat 256 Testpunkte, die an der Rückseite an 64polige Federleisten nach DIN 41 612 geführt sind. Der Tester ist selbstprogrammierend, d. h. er „lernt" das Prüfprogramm von einem Musterprüfling. Dabei wird jeder Prüfpunkt gegen jeden anderen getestet.

Beim Kabelbaum- und Verdrahtungstester KT 5 ist eine individuelle Bezeichnung jedes Prüfpunktes möglich (Werkfoto)

Der KT 5 hat eine alphanumerische Anzeige und eine eingebaute alphanumerische Tastatur. Damit ist u. a. eine individuelle Bezeichnung jedes Prüfpunktes möglich. Das bedeutet auch eine erhebliche Kostenreduzierung beim Adapterbau, denn es können nun z. B. die Adernummer und die Kennfarbe angegeben werden. Das Gerät enthält ferner einen alphanumerischen Drucker zur Fehlerprotokollierung sowie ein Kassettenlaufwerk.

Als zusätzliches Hilfsmittel steht die Adaptereinheit AE 04 mit auswechselbaren Kontaktplatten zur Verfügung. Damit ergibt sich vor allem bei der Prüfung von Flachkabeln, Bandleitungen und konfektionierten Kabeln eine erhebliche Vereinfachung der Prüflingsaufnahme. Ra.

Elektronik im Büro:

Sicob 1981

Der diesjährige Sicob (Salon international Informatique, Télématique, Communication, Organisation du Bureau, Bureautique) fand vom 22. September bis 2. Oktober in der Ausstellungshalle im Pariser Stadtteil „La Défense" statt. Ein wichtiges Ereignis war der Salon schon auf Grund seiner Ausstellungsfläche von 88 500 m² und seiner 780 Aussteller aus 28 Ländern. Wesentlich ist auch seine soziale Bedeutung, denn jedem zweiten werktätigen Franzosen dient ein Büro als Arbeitsbasis, und die Datenverarbeitung ist als ein wirkungsvolles Mittel zur Krisenbekämpfung anzusehen.

Die Bedeutung der Ausweitung der Datenverarbeitung zur Krisenbekämpfung wurde auch von Staatspräsident François Mitterand hervorgehoben, der die Ausstellung in Begleitung mehrerer Minister eröffnete. Dabei war auch von Krediten die Rede, beispielsweise 2 Mrd. FF für die Forschung allein auf dem Gebiet der Datenverarbeitung, dazu ein neuer Plan zur Unterstützung der Bauelemente-Industrie und bedeutende Anstrengungen auf dem Gebiet der digitalen Haushalts- und Unterhaltungselektronik.

Sinnvoll können diese Kredite nur ausgegeben werden, wenn es in Frankreich mehr Ingenieure gibt. Es mangelt nicht an Kandidaten für diesen Beruf, sondern an Ausbildungsmöglichkeiten. Selbst wenn hier Abhilfe geschaffen werden sollte, wird es mehrere Jahre dauern, bis sich das auf den Arbeitsmarkt auswirkt.

Auch die bevorstehende Verstaatlichung eines wesentlichen Teils der französischen Elektronik-Industrie ist ein politischer Akt, bei dem bisher nur sicher ist, daß er viel Geld kostet und zunächst in einem großen Teil der Wirtschaft eine abwartende Haltung hervorruft. Der erstaunlich rege Betrieb auf dem Sicob steht dazu keineswegs im Widerspruch, denn Befürworter und Gegner der Regierungsmaßnahmen sind sich darüber einig, daß es mit weniger Elektronik und Datenverarbeitung nur noch schlimmer werden kann.

Großangriff auf den Großrechner

Bisher war der Großrechner ein Ding, das für alle Abteilungen einer Firma Statistiken oder Aufstellungen lieferte, Formulare oder Listen schrieb, Bestellungen oder Aufträge speicherte, Eingänge oder Abbuchungen hochrechnete usw. Damit erstreckte sich seine Macht über eine ganze Menge Leute im Betrieb, die sich nach seiner Zeiteinteilung richten mußten.

Das Beispiel der französischen Firma *USEB* zeigt, wie das anders werden kann. Einen Bürorechner TX 10 von *Canon* hat diese Firma für eine automatische und unabhängige Lohnzettelarbeit programmiert. Elektrisch wiederprogrammierbare Speicher dienen zur Aufnahme der bei dieser Anwendung häufigen Änderungen unterworfenen Daten.

Auch bei anderen Anwendungen ist es oft günstig, ein herkömmliches Terminal durch einen mehr oder weniger autonomen Personal Computer zu ersetzen. Rationeller muß das nicht immer sein, angenehmere Arbeitsbedingungen haben auch ihren Wert. Von diesen Microcomputern enthält die offizielle Neuheitenliste des Sicob 15 Modelle mit bis zu 64 KByte RAM. Meist arbeiten sie mit der Programmsprache Basic, manchmal auch mit APL, Pascal oder Fortran. Die Minicomputer (64 KByte bis 512 KByte) sind meist für Mehrfachbelegung ausgelegt. So können 32 Bildschirme, Drucker und Tastaturen an den T 15 127 von *Transac Alcatel* angeschlossen werden. *Thomson CSF* kündigt einen 16-Bit-Microcomputer an (mit dem Mikroprozessor 68 000), während bei *Cii Honeywell Bull* ein 32-Bit-Minicomputer vorgestellt wurde.

Das System ETS 1010 von *Olivetti* besitzt eine Schreibmaschinen-Tastatur und einen Bildschirm. Die damit vorbereiteten Texte können auf einer vorhandenen elektronischen Schreibmaschine ausgedruckt werden. Einige Textsysteme, wie das P 2000 von *Philips*, sind auch als Basic-programmierte Microcomputer verwendbar.

Genauso wie einen Text kann man auch Zeichnungen auf einem Bildschirm vorbereiten und beliebig ändern. Bei *Hewlett-Packard* (Serie 9845) stehen dazu 4913 Farbtöne zur Verfügung, und bei *Techdata* werden sogar 16 Millionen Möglichkeiten der Farbschattierung angeboten.

VIPS 2000 heißt ein papierloses Bürosystem von Cii Honeywell Bull, bei dem beispielsweise Briefe gleichzeitig mehreren Abteilungen einer Firma auf Bildschirm vorgeführt werden. In jeder dieser Abteilungen werden Stellungnahmen oder Bemerkungen zu diesem Brief eingetippt, und danach geht das gesamte Informationsmaterial zu einer Zentralstelle, in der die Antwort aufgesetzt wird.

Zum papierlosen Archivieren von Texten hat Philips eine Laserplatte (*Bild 1*) entwickelt, auf der sich 500 000 Schreibmaschinenseiten (10^{10} Bit) unterbringen lassen. Dieser Festspeicher zeichnet sich durch eine gute

Haltbarkeit der Daten aus. Selbst nach 10 Jahren beträgt die Wahrscheinlichkeit einer vom System nicht kontrollierbaren Bitänderung nur 10^{-12}.

Auch bei den löschbaren magnetischen Plattenspeichern konnten die Informationsdichten erhöht werden. *BASF* kündigt beispielsweise einen Festplattenspeicher (Typ 6480) mit einer Kapazität von 1,26 GBytes an.

Die papierlosen Speichersysteme sind nicht nur sehr platzsparende Aktenordner, sie erleichtern auch das Auffinden von Dokumenten. Ein entsprechendes System (OFIS) von *Burroughs* sucht nicht nur Einzelbriefe, sondern kann auch komplette Korrespondenzen ermitteln.

Bild 1. Diese Laserplatte speichert den Inhalt von 500 000 Schreibmaschinenseiten (Foto: Philips)

Der sprachlose Fernsprecher

Die Datenübertragung über Telefon spielte eine wichtige Rolle. Viel gesprochen wurde vom Bildschirmtext, er heißt hier Teletel und wird zur Zeit in einem Pariser Vorort im Feldversuch erprobt. Auf der Ausstellung konnte der Besucher über Bildschirmtext unter anderem die Standnummer der anwesenden Firmen erfragen. Nach Eingabe eines Namen erschien jedoch nicht direkt die Standnummer, sondern ein mehrzeiliger Katalogauszug aus der alphabetischen Umgebung des angeforderten Namens. Diese Darstellungsweise dämpft die Wirkung von Eingabefehlern. Die Standnummer der Firma Olivetti bekam man so beispielsweise auch bei Eingabe von „Olliveti".

Trotz der Bemühungen um Bildschirmtext spielt die Datenübertragung über Telefon vorerst nur im beruflichen Bereich eine wichtige Rolle. Für Firmenvertreter ist es beispielsweise oft notwendig, über das Telefonnetz mit einem zentralen Datenspeicher in Verbindung zu treten. Dazu liefert *Panasonic* (Matsushita) den in *Bild 2* dargestellten Handkoffer RLH 1000, der einen Microcomputer, Zusatzspeicher, Telex-Schnittstelle, TV-Adapter und einen Akustikkoppler enthält. Ähnliche Einheiten von *Texas-Instruments* (Serie 76 KSR) sind zusätzlich mit einem Drucker ausgerüstet und arbeiten mit Magnetblasenspeichern.

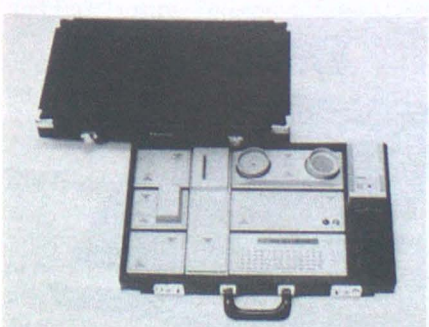


Bild 2. Handkoffer mit Microcomputer nebst Akustikkoppler, TV-Schnittstelle und anderen Zusatzeinheiten (Foto: Panasonic)

Auch Hörgeschädigte können jetzt telefonieren, und zwar mit dem Portatel der Firma *AOIP*. *Bild 3* zeigt ein einzeiliges Display über der Tastatur, dahinter den Akustikkoppler. Auf dem Display erscheinen sowohl die ausgegebenen als auch die ankommenden Zeichen. Das Taxatel der genannten Firma ist ein Gebührenzähler mit einer Ziffernanzeige, durch die der Anrufende die Aufwärtsentwicklung seiner Gesprächskosten ständig vor Augen hat.

Auch Heimarbeit von Schreibkräften kann jetzt papierlos sein. Der zu schreibende Text wird über Telefon auf Magnetband diktiert oder auf einen Bildschirm übertragen, wenn es sich um eine handschriftliche Aufzeichnung handelt. Derselbe Bildschirm dient dann zur Vorbereitung des zu schreibenden Textes. Ausgedruckt wird dieser Text erst beim Auftraggeber, nachdem er mit Modem und Akustikkoppler über die Telefonleitung dorthin zurückübertragen wurde.

Der Commander (*La Maison de l'Automation*) dient zur telefonischen Befehlsübermittlung beispielweise an die Heizungsanlage eines Landhauses. Dort wird ein „Anrufbeantworter" installiert, der nur eine Reihe Pfeiftöne abgibt. Um ein bestimmtes Gerät anzuschalten, muß der Anrufende sich etwa nach dem sechsten Pfeifton durch Husten, Rufen, usw. bemerkbar machen. Der Beantworter teilt danach mit, ob (und wie) er diesen Befehl verstanden hat.

Der Ersatz der Wählscheibe durch eine Tastatur erleichtert das elektronische Speichern von Rufnummern. Wenn es sich dabei nur um die zuletzt

Bild 3. Papierloser Fernschreiber für Hörgeschädigte von AOIP (Werkfoto)

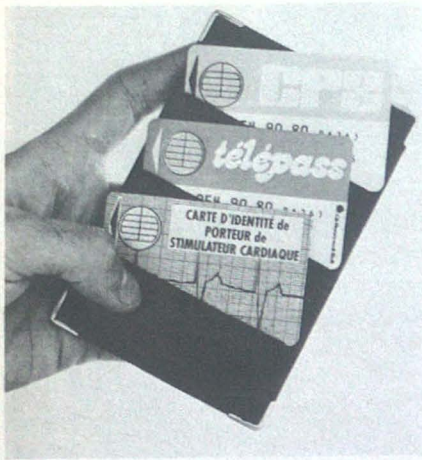


Bild 4. Diese Ausweis- oder Kreditkarten enthalten links oben einen Mikroprozessor nebst Datenspeicher
(Foto: Cii Honeywell Bull)

gewählte (besetzte) Nummer handeln soll, ist ein Zusatzgerät zum Telefon nicht notwendig. Im Fernsprechapparat Contempra Ampli von Thomson CSF ist diese Speichermöglichkeit serienmäßig vorgesehen. Außerdem enthält dieses Gerät einen über die Telefonleitung gespeisten Hörverstärker mit Lautsprecher.

Platz für 252 Rufnummern bietet der Speicher C 500 von *Peritel*. Abruf und Weitergabe der Nummer über die Telefonleitung erfolgen durch Eingeben des Namens der anzurufenden Person. Dabei braucht man meist nur die ersten Buchstaben dieses Namens einzugeben, denn das Gerät „erät" den Namen, und schreibt ihn vollständig auf seinem Display aus, sobald diese Buchstaben ihn unzweideutig in der gespeicherten Namensliste bestimmen.

Nicht nur 220 Anrufnummern, sondern auch die gewünschte Anrufszeit speichert die Hotel-Weckanlage RHP 1079 von *Sedeca*. Sie besitzt auch einen Drucker, auf dem sie ihre Tätigkeit aufzeichnen oder die gespeicherten Befehle ausgeben kann.

Die beiden zuletztgenannten Geräte sind mit der vorläufig noch recht seltenen Folientastatur ausgerüstet. Sie besteht aus zwei leitend beschichteten Kunststoffolien, zwischen denen eine an den Bedienungsstellen gelochte Isolierfolie liegt. Der Bedienungsweg beträgt nur den Bruchteil eines Millimeters. Beim Anblick einer solchen Tastatur erkennt man sofort ihren Vorteil für den Staublappen. Beim Bedienen vermißt man jedoch jenes „Fingerspitzengefühl", das einem bei beweglichen Tasten sagt, wo und wie man drückt.

Das elektronische Portemonnaie

Kreditkarten mit Magnetspur haben einen geringen Speicherraum und bieten nicht immer ausreichende Sicherheit. Mehrere Firmen arbeiten deshalb an Kreditkarten, die mit einem Mikroprozessor und einem Halbleiterspeicher ausgerüstet sind. Als Beispiel zeigt *Bild 4* Kunststoffkarten (Cii Honeywell Bull), mit einem kreisförmigen Einsatz links oben, in dem die Halbleiterelektronik nebst Anschlußkontakten angeordnet ist.

Verwendbar ist das nicht nur für Zahlungsgeschäfte, sondern auch als Ausweis, als Eintrittskarte im Abonnement und auch als Speicher für medizinische Daten (Blutgruppe, Krankheitsgeschichte, bei Herzkranken Daten des Schrittmachers), die in jeder Behandlungsstelle gelesen werden können.

Bei Verwendung im Zahlverkehr ist die Datenkarte nicht nur zum Geldabheben auf der Bank verwendbar, sondern auch beim Einkaufen. Bei einer Vorführung auf dem Stand von Cii Honeywell Bull war zu sehen, daß die Karte dabei zunächst von einem geheimnisvollen Gerät aufgenommen wird. Über ein Kabel ist dieses Gerät mit einem Handapparat verbunden, der einem Taschenrechner ähnelt. Darauf gibt der Käufer eine Geheimnummer ein, nachdem der Verkäufer den Kaufpreis über eine andere Tastatur eingegeben hat. Durch weiteres Knöpfchendrücken bestätigt der Käufer dann, daß ihm das alles recht ist, und nun beginnt der Apparat das klappernde Ausschreiben eines Kassenzettels, auf dem der Kunde unter anderem lesen kann, wieviel Geld er noch in seinem elektronischen Portemonnaie hat.

Für den Käufer ist diese Prozedur gewiß umständlicher als das im Tante-Emma-Laden übliche „acht fünfzig, bitte", aber entschieden einfacher als das Ausschreiben eines Schecks und die damit verbundene Ausweiskontrolle. Der Verkäufer muß auch den Scheck zur Bank tragen, während er seine elektronische Kasse abrechnen kann, indem er die Daten telefonisch zu seiner Bank überträgt, die dann alles weitere für ihn besorgt.

Das Verfahren gestattet auch automatisches Umrechnen ausländischer Währungen. Grundsätzlich ist es auch in Verbindung mit Bildschirmtext verwendbar, also zum Bezahlen von Waren, die man über diese Einrichtung bestellt. Mit einer Karte kann man bis zu 100 Zahlungen abwickeln. Ein erneutes „Aufladen" mit einem weiteren Guthaben ist zumindest im Prinzip möglich.

Bei *Philips* hat man erkannt, daß der Kunde es nicht gern sieht, wenn der Kartenleser seine Karte weitgehend verschluckt, auch dem obengenannten Handapparat mißtraut er, da Mitanwesende seine Geheimnummer da mitlesen können. Deshalb hat die Firma einen Kartenleser (*Bild 5*) entwickelt, dessen Tastatur von einem Sichtschutz umgeben ist.

Die Daten-Kreditkarte ist gewiß aufwendiger als ein Scheckheft. Aber die Banken meinen, sie würde ihnen „gewinnbringenderen Einsatz" von bisher mit Scheckbuchungen beschäftigtem Personal gestatten. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß es sich dabei auch um Personalersatz durch (fernostgefertigte) Halbleiterelektronik handeln kann. Aber die Datenverarbeitung gibt den Banken so zahlreiche Möglichkeiten zum rationellen Aufbau neuer Dienste, daß man gern optimistisch bleiben möchte. Herrmann Schreiber

Bild 5. An der elektronischen Kasse (rechts) von Philips hängt ein Zusatzgerät, das zum Lesen der Datenkarte und zum Eingeben der Kennummer dient (Werkfoto)

Ing. (grad.) Harald Hahn

Moderne Videomeßtechnik

Prüfsignale, Anwendung und Meßverfahren

1. Teil

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über moderne Meßverfahren zur Beurteilung und Einstellung videotechnischer Anlagen. Dabei werden ähnliche oder dieselben Prüfsignale zugrunde gelegt, wie sie in der Prüfzeilenmeßtechnik üblich sind. Als universelle Signalquelle bei den aufgezeigten vielfältigen Meßmethoden dient der Videogenerator VG 1000 von Grundig.

Die rasch zunehmende Verbreitung der Videotechnik sowohl im professionellen Bereich als auch in der Heimanwendung sowie die durch moderne Schaltungstechniken erzielten Qualitätsverbesserungen stellen an die Meßmittel und Meßmethoden zur Beurteilung videotechnischer Geräte und Anlagen erhöhte Anforderungen. Größte Bedeutung hat hierbei das sogenannte Prüfzeilenmeßverfahren erlangt, das die Überwachung von Videosystemen auch während eines Dauerbetriebes rund um die Uhr erlaubt. Dabei ist es auch möglich, mit entsprechenden Stellgliedern korrigierend einzugreifen. Durch Prüfzeileneinblendgeräte, die spezielle Puls-Sprungkombinationen liefern, lassen sich zusammen mit automatischen Prüfzeilenauswertegeräten alle in der Videotechnik relevanten Daten wie Anstiegszeit, Frequenz- und Phasengang, Intermodulationsverzerrungen, differentielle Amplituden- und Phasenfehler und ähnliches ermitteln und über Drucker protokollieren.

Die Signalquelle

Die in der Prüfzeilenmeßtechnik benötigten Signale stehen beim Videogenerator VG 1000 *(Bild 1)* zeilenfrequent beziehungsweise bildfrequent zur Verfügung, so daß zur Auswertung Meßmittel wie Oszilloskop, Videoskop oder Vektorskop herangezogen werden können. Der Generator, der eine Lücke zwischen den teuren Prüfgeneratoren und den einfachen Servicegeräten schließt, bietet Bedienungskomfort, Signalvielfalt und Signalqualität. Er liefert sowohl ein Kombitestbild (ähnlich dem FuBK-Testbild der Rundfunkanstalten) als auch spezielle Prüfsignale für die Übertragungstechnik und für Videorecorder.

Die häufigsten Signalverformungen

Die häufigsten, in der Videotechnik auftretenden Signalverformungen sind:

- ○ lineare Verzerrungen, wie z. B. Einschwingen bei Vertikalfrequenz, Einschwingen bei Horizontalfrequenz;
- ○ nichtlineare Verzerrungen des Luminanzkanales, in Abhängigkeit von der Frequenz, im Bereich der Farbträgerfrequenz
  a) als differentielle Phasenfehler
  b) als differentielle Amplitudenfehler
- ○ Intermodulationsverzerrungen.

Vor der Besprechung der verschiedenen Meßmethoden sei zunächst noch eine kurze Betrachtung zu dem in der Videotechnik benutzten Faktor „T" eingefügt. Man definiert in der Videotechnik eine Einschwingzeitkonstante „T" zu $T = \frac{1}{2} f_g$, wobei f_g die Grenzfrequenz des Videosystems darstellt. Bei $f_g = 5$ MHz entspricht $T = 100$ ns. Impulse mit einer bestimmten Dauer drückt man nun mit dem Vielfachen der Einschwingzeitkonstante T aus. Eine Steigzeit von 2T entspricht also 200 ns usw.

Lineare Verzerrungen

Unter linearen Verzerrungen versteht man Verzerrungen eines Videosignales bei konstanter Aussteuerung in Abhängigkeit von der Frequenz nach Betrag und Phase. Da das Videosignal eine relativ große Bandbreite (bis 5 MHz) aufweist und zusätzlich in diesem Frequenzbereich das Farbartsignal mit übertragen werden muß, können eine Vielzahl von Verzerrungen auftreten, die mit einem einzigen Testsignal nicht erfaßt werden können. Außerdem setzt sich das Videosignal nicht

Bild 1. Der Videogenerator VG 1000 von Grundig liefert Testbild und Prüfsignale

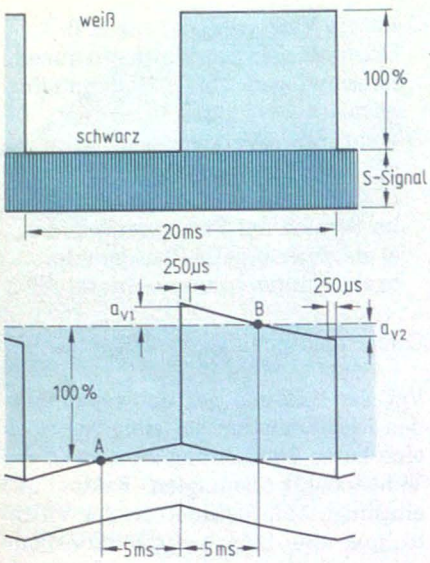


Bild 2. 50-Hz-Rechtecksignale mit Dachschräge

aus reinen Sinusspannungen zusammen, sondern weist meist sprunghafte Übergänge auf, die sämtliche Pegelwerte annehmen können. Daher werden in der Regel Puls-Sprung-Kombinationen als Meßsignale verwendet. Der Nachteil der impulsförmigen Meßmethoden liegt jedoch in der schwierigen Auswertbarkeit, die zum Teil nur über Toleranzmasken erreicht werden kann und noch erschwert wird, wenn mehrere Ursachen zur Verzerrung des Signales beitragen. Deshalb sind mehrere Testsignale notwendig, die in einem ganz bestimmten Frequenzbereich wirken und damit typische Verformungen aufweisen. Im oberen Frequenzbereich greift man jedoch meist auf sinusförmige Signale zurück, um Fehler bedingt durch Außerbandanteile gering zu halten. Deshalb begrenzt man auch sämtliche sprunghaften Übergänge auf 2T (200 ns), um Einschwingvorgänge, hervorgerufen durch bandbegrenzende Elemente, gering zu halten.

Einschwingen bei Vertikalfrequenz

Für den Frequenzbereich unterhalb 15 kHz benutzt man ein 50-Hz-Rechtecksignal. Zu bestimmen ist die maximale Dachverzerrung. Sie wird in Prozenten des Weißwertes angegeben. *Bild 2* zeigt ein verzerrtes 50-Hz-Rechtecksignal

Dachverzerrung: a_{V1} (%), a_{V2} (%)

Dachschräge: $|a_{V1}| + |a_{V2}|$

Die Übergangszeitspanne von 250 µs ist deshalb notwendig, weil bestimmte Systeme ein Einschwingverhalten bei Schwarz-Weißsprüngen aufweisen. Mit dem 50-Hz-Rechteck kann auch das Klemmverhalten, sowie das Einschwingverhalten bei sprunghafter Änderung von Schwarz nach Weiß und umgekehrt untersucht werden. Ein vollkommen ebener Verlauf des Impulsdaches läßt auf einen einwandfreien Amplituden- und Phasengang unterhalb 15 kHz schließen.

Einschwingen bei Horizontalfrequenz

Als nächstes soll das Einschwingen bei Horizontalfrequenz untersucht werden. Dazu benützt man ein Signal, das in jeder Zeile einen ca. 26 µs breiten Weißimpuls mit 100% Amplitude besitzt. Dieses Signal reagiert deutlich auf Verzerrungen oberhalb 15 kHz bis zur Bandmitte hin (ca. 2...3 MHz). Ermittelt und in Prozenten des Weißwertes angegeben wird ebenfalls die maximale Dachverzerrung. *Bild 3* zeigt ein mit Dachschräge behaftetes 15-kHz-Rechtecksignal.

Dachverzerrung: a_{H1} (%), a_{H2} (%)

Dachschräge: $|a_{H1}| + |a_{H2}|$

Damit Einschwingvorgänge das Meßergebnis nicht verfälschen, bleibt eine Zeitspanne von 1 µs zu Beginn und Ende des Weißimpulses unberücksichtigt. Bei größeren Verzerrungen des Phasenganges um 15 kHz treten Dachschrägeverzerrungen über das ganze Impulsdach hinweg auf, wobei a_{H1} und a_{H2} unterschiedliches Vorzeichen aufweisen. Tritt Horizontaldachschräge nur in der ersten Hälfte des Weißimpulses auf, so wird dies durch Verzerrungen im Amplitudengang der Frequenzen bis ca. 1 MHz verursacht. Bei

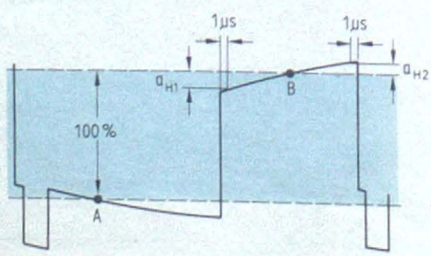


Bild 3. Ein verzerrtes 15-kHz-Rechtecksignal

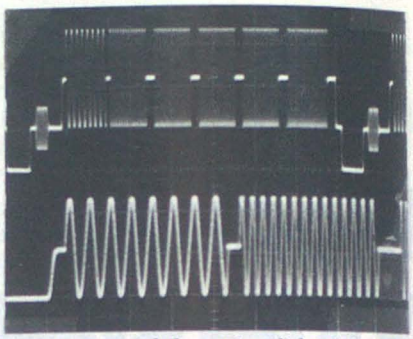


Bild 4. Das Multiburstsignal des VG 1000

noch höheren Frequenzen bilden sich Verformungen immer weiter vorne im Impulsdach ab, die sich dann als Überschwinger äußern. Die Anstiegszeit des Impulses soll ebenfalls 200 ns betragen, damit das Frequenzspektrum innerhalb der Videobandbreite bleibt und keine Verfälschung durch Außerbandanteile auftreten. Sollen Systemanstiegszeiten ermittelt werden, so muß dieser Impuls eine Anstiegszeit von 100 ns besitzen. Im VG 1000 steht dazu ein 250-kHz-Rechtecksignal mit 80 ns Anstiegs- und Abfallzeit zur Verfügung.

Frequenzgangmessungen mit dem Multiburstsignal

Um den Frequenzgang eines Meßobjektes zu beurteilen, benützt man das sog. Multiburstsignal. Es besteht aus einem Weißimpuls und einer Graupegellinie von 50 %, auf der sich z. B. sechs verschiedene Frequenzpakete gleicher Dauer befinden. Auf dem Oszilloskop erscheinen diese Pakete als Hüllkurve, die leicht mit dem Weißpegel des Bezugsimpulses verglichen werden können. *Bild 4* zeigt das Multiburstsignal des VG 1000 mit den Frequenzen 1; 2; 3; 3,5; 4,8 und 5,8 MHz.

Da im VG 1000 kein Bezugsimpuls übertragen wird, kann als Bezugslinie die im Hintergrund sichtbare Weißlinie der zwei Weißreferenzzeilen (100 % Weiß) benutzt werden. Diese

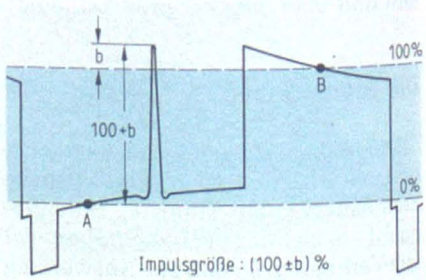


Bild 5. Das Puls-Sprungverhältnis

Ing. (grad.) Harald Hahn (29) studierte nach seiner Ausbildung zum Elektromechaniker an der FH Nürnberg. Ab 1977 war er bei Grundig als Entwicklungsingenieur für Testbildgeneratoren tätig, seit 1981 ist er dort Gruppenleiter im Bereich Meßtechnik.

über die ganze Zeile sichtbare Linie hat zudem den Vorteil, daß sie alle Pakete erfaßt, so daß die Auswertung erleichtert wird.

Noch besser geeignet für Frequenzgangmessungen ist das „Sweep-Signal". Dieses über das Halbbild gewobbelte Signal reicht von ca. 500 kHz bis 10 MHz. Zur Frequenzkennung werden Amplitudenmarken eingeblendet. Der Vorteil dieses Signals liegt darin, daß das gesamte Frequenzband überstrichen wird und nicht nur diskrete Frequenzen dargestellt werden.

Messungen mit Puls-Sprung-Kombinationen

Man hat festgestellt, daß Meßsignale mit speziellen Puls-Sprung-Kombinationen für die Videomeßtechnik vorteilhaft sind. Diese Signale bestehen zum einen aus einem Sinusquadratimpuls, zum anderen aus einem Weißimpuls bestimmter Breite. Der Sinusquadratimpuls folgt der Funktion $u(t) = a \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot t}{2T}$, wobei T die bereits erwähnte Einschwingzeitkonstante des Videosystems darstellt. Der Vorteil, mit Sinusquadratimpulsen zu messen, liegt in der symmetrischen Form des Impulses, d. h. in der leichten Erkennung von Verzerrungen. Ein weiterer Vorteil ist im Spektrum des Impulses zu suchen. Da der Faktor $\frac{1}{2 \cdot T}$ die Grenzfrequenz f_g des Systems darstellt, kann mit der Fourieranalyse nachgewiesen werden, daß das Spektrum eines 2T-Impulses bis etwa 5 MHz reicht, das eines T-Impulses jedoch bis 10 MHz. Dies bedeutet, daß bei Messungen mit einem 2T-Impuls Verzerrungen, hervorgerufen durch Außerbandanteile, gering gehalten werden.

Puls-Sprung-Verhältnis

Im kombinierten Meßsignal erscheint nach dem 2T-Impuls ein etwa 26 µs breiter Weißimpuls, mit dem Messungen wie unter „Einschwingen bei H-Frequenz" ausgeführt werden können. Äußerst wichtig bei diesem Signal ist jedoch das Puls-Sprungverhältnis, da der 2T-Impuls besonders stark durch Fehler in der Mitte des Frequenzbereiches verformt wird. Das Puls-Sprungverhältnis wird in Prozenten des Weißpegels angegeben. Treten Dachverzerrungen im Weißimpuls auf, gilt die Signalamplitude in der Mitte

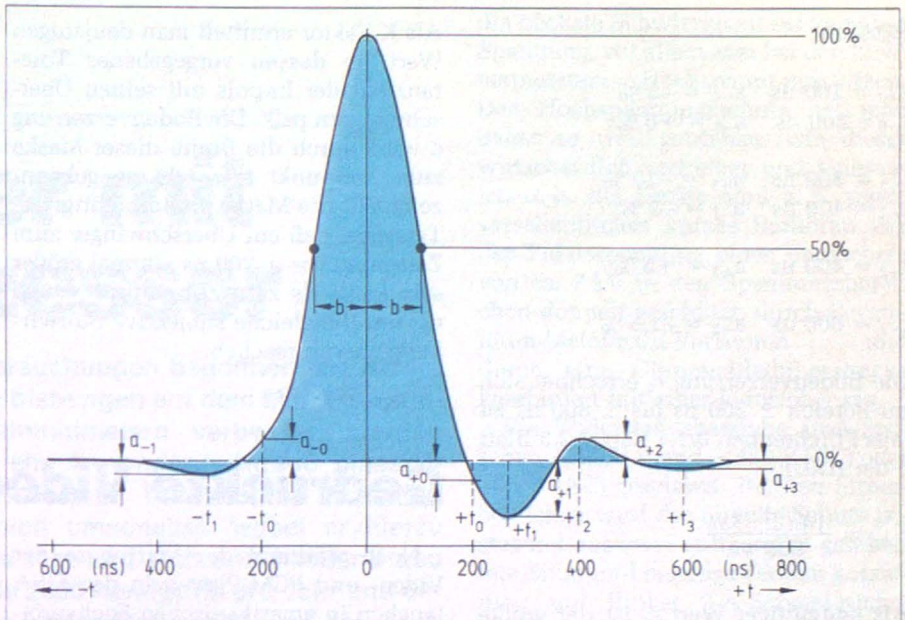


Bild 6. Ein 2T-Impuls mit Überschwinger

des Impulses. *Bild 5* zeigt ein verformtes Puls-Sprungsignal.

Messung der Bodenverzerrung des 2T-Impulses

Bei der Festlegung der Bodenverzerrung gibt es zwei unterschiedliche Verfahren:

a) Messung der Bodenverzerrung
b) Überprüfung mittels Toleranzmasken.

Soll die Bodenverzerrung gemessen werden, so sind die Signalamplituden bei ± 200 ns, sowie die Amplituden der positiven und negativen Überschwinger links und rechts des Impulses zu messen. Außerdem ist der Zeitpunkt der Überschwinger mit anzugeben. Als Bezugszeitpunkt gilt dabei die Mitte der Impulsbreite bei 50 % Amplitude. *Bild 6* zeigt einen 2T-Impuls mit Überschwingern.

Ein Beispiel verdeutlicht den Sachverhalt:

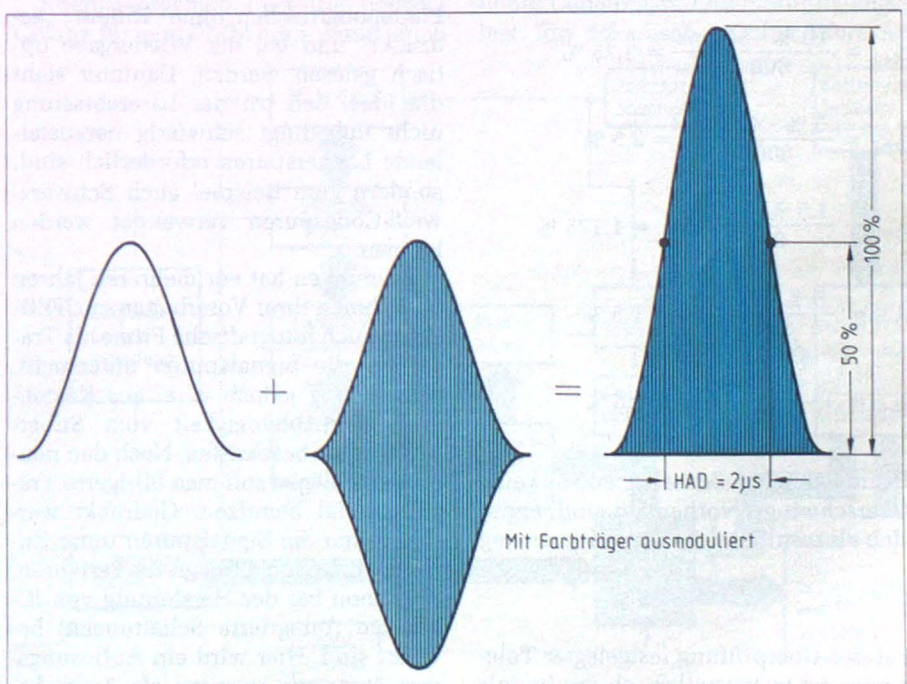


Bild 7. Der Aufbau des 20T-Impulses

Beispiel:

$t_{+0} = 200$ ns $\quad a_{+0} = -5\,\%$
$t_{-0} = 200$ ns $\quad a_{-0} = +6\,\%$

$t_{+1} = 300$ ns $\quad a_{+1} = -10\,\%$
$t_{-1} = 400$ ns $\quad a_{-1} = -3\,\%$

$t_{+2} = 400$ ns $\quad a_{+2} = +5\,\%$

$t_{+3} = 600$ ns $\quad a_{+3} = -1{,}5\,\%$

Die Bodenverzerrung c_t errechnet sich im Bereich ± 200 ns bis ± 800 ns zu (aus Pflichtenheft 8/1.1 Kap. 1.2.3 Blatt 6 der ARD):

$$c_{t\pm n} = \frac{|a_{t\pm n}| \cdot t_{\pm n}}{800\ \text{ns}}$$

Als endgültiger Wert c_t ist der größte Wert von $c_{t\pm n}$ einzusetzen. Im Bereich ± 800 ns bis ± 1 µs ergibt sich c_t zu a_t, d. h. als c_t ist direkt die Amplitude des Überschwingers einzutragen. Die resultierende Bodenverzerrung c ist gleich dem größten der so ermittelten Werte.

Beispiel:

Die Werte für $t_{\pm n}$ und $a_{\pm n}$ sind obigem Beispiel entnommen.

$$c_{t+0} = \frac{a_{t+0} \cdot t_{+0}}{800\ \text{ns}} = \frac{5\,\% \cdot 200\ \text{ns}}{800\ \text{ns}} = 1{,}25\,\%$$

$$c_{t+1} = \frac{10\,\% \cdot 300\ \text{ns}}{800\ \text{ns}} = 3{,}75\,\%$$

$$c_{t+2} = \frac{5\,\% \cdot 400\ \text{ns}}{800\ \text{ns}} = 2{,}5\,\%$$

$$c_{t+3} = \frac{1{,}5\,\% \cdot 600\ \text{ns}}{800\ \text{ns}} = 1{,}125\,\%$$

$$a_{t-0} = \frac{6\,\% \cdot 200\ \text{ns}}{800\ \text{ns}} = 1{,}5\,\%$$

$$a_{t-1} = \frac{3\,\% \cdot 400\ \text{ns}}{800\ \text{ns}} = 1{,}5\,\%$$

Da im Bereich außerhalb ±800 ns keine Überschwinger vorhanden sind, ergibt sich als resultierende Bodenverzerrung

$$c = c_{t\pm n_{max}} = c_{t+1} = 3{,}75\,\%$$

Bei der Überprüfung festgelegter Toleranzen ist festzustellen, ob der Impuls mit seinen Bodenverzerrungen in eine Toleranzmaske bestimmter Breite paßt.

Als K-Faktor ermittelt man denjenigen Wert, in dessen vorgegebenes Toleranzfeld der Impuls mit seinen Überschwingern paßt. Die Bodenverzerrung c wird durch die Breite dieser Maske zum Zeitpunkt t = 800 ns gekennzeichnet. Die Maske berücksichtigt die Tatsache, daß ein Überschwinger zum Zeitpunkt t = ± 200 ns viermal größer sein kann als zum Zeitpunkt t = 800 ns, um die gleiche subjektive Störwirkung zu verursachen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß mit den Signalen 50-Hz-Sprung und 2T-Impuls mit nachfolgendem Weißimpuls der gesamte Frequenzbereich überprüft werden kann, wobei zur Auswertung des 2T-Impulses Toleranzmasken herangezogen werden können. In erster Näherung genügt jedoch allein die Angabe des Puls-Sprungverhältnisses.

(Fortsetzung folgt)

Gedruckte Videoplatten?

Noch während der Startphase der Video- und PCM-Platten in den USA tauchen in amerikanischen Fachveröffentlichungen Überlegungen auf, die eine noch weitergehende neue Technik anvisieren. Sie greifen zum Teil auf Entwicklungen zurück, die schon mehrere Jahre alt sind. Ein unmittelbarer Einfluß auf den gegenwärtigen Gang der Dinge ist nicht zu erwarten, aber man kann davon ausgehen, daß sich die Entwicklungslaboratorien mit den jetzt wieder aktualisierten Vorschlägen befassen.

Es sind zwei Grundrichtungen festzustellen. Einmal soll versucht werden, den Platten-Preßvorgang, der der herkömmlichen Schallplattentechnik verwandt und zum Teil entlehnt ist, durch *Druckverfahren* abzulösen. Die Digitalsignale sollen auf einer glatten Plattenoberfläche, ohne Rillen, „gedruckt" und bei der Wiedergabe optisch gelesen werden. Dahinter steht die Idee, daß bei der Laserabtastung nicht unbedingt schwierig herzustellende Löcherspuren erforderlich sind, sondern zum Beispiel auch Schwarzweiß-Codespuren verwendet werden können.

Telefunken hat vor mehreren Jahren im Rahmen ihrer Vorarbeiten zur TED-Platte auch fotografische Filme als Träger für die Signalspuren untersucht, diesen Weg jedoch u. a. aus Kostengründen (Abhängigkeit vom Silberpreis) nicht beschritten. Nach den neuen Vorschlägen soll man billigeres Trägermaterial benutzen. Gedruckt werden sollen die Signalspuren unter Zuhilfenahme von Lithografie-Verfahren, die schon bei der Herstellung von IC-Masken (Integrierte Schaltungen) bewährt sind. Hier wird ein Auflösungsvermögen von weniger als 3 µm benutzt, und 1,5 µm sind in Extremfällen schon in Reichweite gerückt.

Die zweite Grundrichtung der neuen Vorschläge zielt auf eine Abkehr vom Drehmechanismus der Plattenspieler. Die Platte oder Folie soll danach stillliegen und die Abtastung durch einen beweglich geführten Laserstrahl erfolgen. Das ist mit Umlenkspiegeln und einer zugehörigen Mechanik zwar möglich. Der Anspruch an die dazu erforderliche Elektromechanik ist jedoch so hoch, daß die Kosten über ein in der Unterhaltungselektronik zulässiges Maß ansteigen würden. Die Strahlablenkung mit Hilfe elektrisch-optischer Zellen (als Alternative) wird ebenfalls in der Praxis schon benutzt, das Verfahren kann jedoch noch keine ausreichend großen Ablenkwinkel produzieren.

In gleicher Weise ungelöst ist das Problem, mit den vorhandenen drucktechnischen Verfahren Schwarzweiß-Muster mit einer Auflösung von wenigen µm zu erzielen.

Man kann damit rechnen, daß, ausgehend von der Videoplatte, ein weiteres Mal Erfinder und Außenseiter mit revolutionären Ideen in größerer Zahl an die Öffentlichkeit gelangen. Ihnen ist, wie bei früheren Gelegenheiten schon, sämtlich eine nicht überbrückbare Marktferne zuzuschreiben. Frühere Beispiele von Außenseiter-Erfindungen, die den Markt nie erreichten, gibt es in großer Zahl, so zum Beispiel ein Verfahren, bei dem ein festliegender Fotofilm als Signalträger dienen sollte und optisch mit Raster-Scan nach Art der TV-Bildröhren abgetastet werden sollte. Ferner: Eine starre und drehende Magnetschicht-Platte oder, als Extremfall einer Laborkuriosität vor mehreren Jahren ein Billigst-Magnetband, bei dem ernsthaft als Schichtträger Papier vorgeschlagen wurde.
(Aus Genschow, A. 20)

R. Major

Multimeter mit Mikroprozessor

Bereits im Jahre 1978 wurden Untersuchungen begonnen, die darauf abzielten, festzustellen, was an den bisherigen auf dem Markt bekannten vergleichbaren Batterie-Digitalmultimetern verbessert werden kann. Ermittlungen ergaben, daß ein Anwender während eines 8-Stunden-Tages (z. B. im Service-Labor) im Durchschnitt zwischen 5...10mal den Spannungs-Meßbereich umschaltet, wobei er hierzu meist die Meßleitung aus der Hand legt und sich anschließend neu orientieren muß. Diese etwa 1000 bis 2000 Handgriffe pro Jahr und der Zeitverlust für das Wiederfinden des letzten Meßpunktes auf den heutzutage meist sehr dicht gepackten Platinen, sprachen eindeutig für eine automatische Bereichsumschaltung.

Da den konservativen Instrumenten mit automatischer Bereichswahl eine etwas zu lange Meßzeit nachgesagt wird, besonders wenn oft Spannungen im Bereich über 20 V gemessen werden, wurde eine mögliche Lösung für automatisches Bereichs-Überspringen (Auto-Skip) entwickelt, z. B. schnelle Entscheidung durch Analog-Komparator, bei Spannung > 20 V sofort in den Bereich 200 V zu springen, noch bevor der A/D-Wandler mit der Messung beginnt. Dies würde die längste mögliche Meßzeit halbieren. Zu diesem Zeitpunkt hatte man bereits den Einsatz eines Mikroprozessors ins Auge gefaßt, um einen weiteren Nachteil konservativer DMMs zu eleminieren. Ein 3½stelliges DMM mit einem Anzeigebereich von 0...1999 löst bei Vollausschlag immerhin $\frac{1}{2000}$ des Meßwertes gleich +1 Bit auf.

Ist der Störabstand bzw. die Stabiltät des Meßsignals wesentlich kleiner als dieses Verhältnis, muß sich die letzte Stelle ständig entsprechend ändern, d. h. zu einer unruhigen Anzeige führen. Dies wird um so unangenehmer, je dichter der Meßwert am Bereichsende liegt, da die Bereichsautomatik u. U. laufend in den nächsthöheren Bereich und wieder zurück schaltet, Diese Anzeige-Unruhe kann man durch Mittelung mit Hilfe eines Mikroprozessors erheblich verbessern.

Natürlich war man sich bei B + K Precision darüber im klaren, daß ein DMM mit automatischer Bereichsumschaltung und ganz spezieller Mikrocomputersteuerung nicht zu den Preisen handelsüblicher Batterie-DMMs herzustellen ist. Allein die Entwicklung des speziellen Mikrocomputers mit implementierter Programmierung in Zusammenarbeit mit Rockwell bedeutete eine Investition von über 70 000 Dollar. Dennoch liegt der Preis für dieses Gerät noch unter 600 DM.

Umfassender Schutz

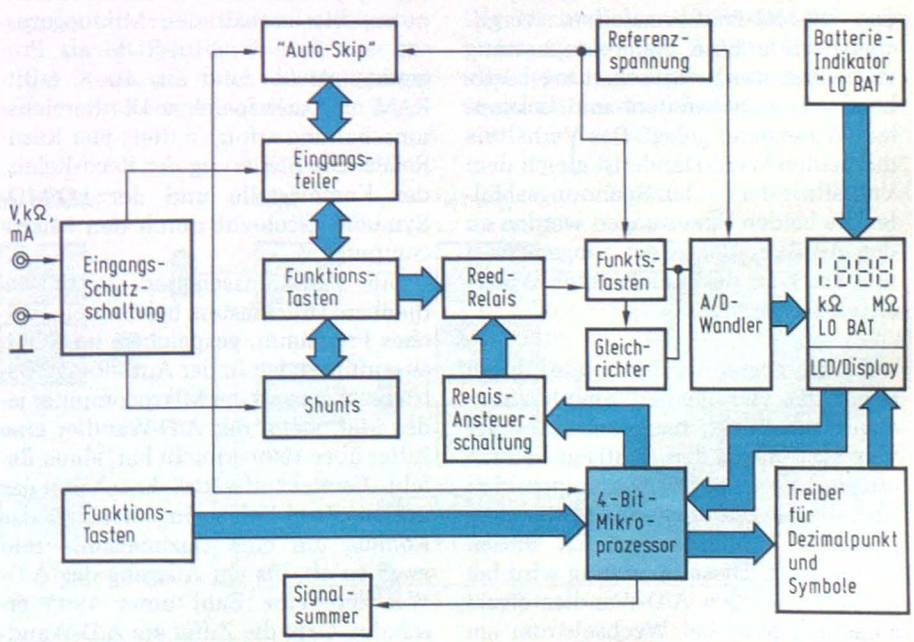
Erfahrungsgemäß liegt die höchste Gefahr für ein DMM und damit auch die höchste Schwierigkeit bei zu hoher Spannung, vor allem aber bei den nicht vermuteten Hochspannungsspitzen. Den Hochspannungsschutz hat man daher so weit getrieben, wie dieser wirtschaftlich vertretbar und sinnvoll ist, d. h. die Geräte sind z. B. gegen versehentliches kurzes Berühren mit der Fokusspannung eines Fernsehers von ca. 7 kV in den Spannungsbereichen doppelt geschützt; durch Germanium-Metalloxid-Varistoren und durch eine Glimmentladungsstrecke kombiniert mit einer Feinsicherung.

Die Widerstandsbereiche sind zwischen + 1000 V und − 450 V (DC) oder 300 V (AC) geschützt. Bei den Strombereichen wird der übliche Schutz bestehend aus zwei antiparallel geschaltete Silizium-Leistungs-Dioden kombiniert mit flinker 2-A-Schmelzsicherung angewendet.

Im Zusammenhang mit dem Eingangsschutz sei noch erwähnt, daß das Gerät berührungssicher aufgebaut ist und einschließlich Meßbuchsen und den speziellen beiliegenden Meßschnüren den UL-, IEC- und VDE-Bestimmungen entspricht. Eine interne Abschirmung sorgt für geringste Eigenstörstrahlung und schützt das Gerät selbst gegen Einstrahlung starker Hf-Felder in der Umgebung.

Stabile Anzeige

Alle Spannungen werden an einen vorgealterten 10-MΩ-Spannungsteiler hoher Genauigkeit und Stabilität angelegt. Ein dekadisch geteilter Wert der



Prinzipschaltbild des Digital-Multimeters 2845 von B + K Precision. Herz des Meßinstruments ist ein 4-Bit-Mikroprozessor

angelegten Spannung gelangt über eines der vier Reed-Relais an den A/D-Wandler. Bei richtiger Bereichsentscheidung liegt die Spannung direkt am Eingang des A/D-Wandlers immer zwischen –0,1999 und +0,1999 V. Bei Wechselspannung am Eingang wird diese durch den Funktionsschalter zunächst dem AC/DC-Konverter zugeführt und gleichgerichtet. Der Gleichrichter ist ein Mittelwertgleichrichter (kalibriert in Effektivwerten einer Sinuswelle).

Die anliegende Gleichspannung wird vom A/D-Wandler unter Anwendung der Doppelflanken-Integration digitalisiert. Der Digital-Ausgang des Wandlers wird umcodiert zur Ansteuerung der LC-Ziffern-Anzeige. Der Mikrocomputer ist aufgrund seines Programms in der Lage, bestimmte digitale Signale vom A/D-Wandler zu interpretieren und daraus die automatische Bereichswahl, richtige Dezimalstellensteuerung und andere ihm zugewiesene Funktionen abzuleiten. So liest er z. B. auf Befehl ausgewählte digitale Daten vom A/D-Wandler in seine Speicher und vergleicht zwei aufeinanderfolgende Datenwerte miteinander. Bei Gleichheit gibt er die Daten weiter zur Anzeige. Dieses Lesen und Vergleichen geschieht ununterbrochen und sorgt für eine stets aktuelle, genaue und stabile Anzeige.

Die im Modell 2845 durchgeführte Widerstandmessung ist eine Verhältnismessung, wobei der unbekannte Widerstand mit einem bekannten Teil des 10-MΩ-Präzisionsteilers verglichen wird. Eine Referenzspannung wird über die Serienschaltung bestehend aus unbekanntem und bekanntem Widerstand gelegt. Das Verhältnis der beiden Widerstände ist gleich dem Verhältnis der beiden Spannungsabfälle. Die beiden Spannungen werden an den A/D-Wandler gelegt, umgerechnet und der Wert des unbekannten Widerstandes angezeigt.

Ein zu messender Strom wird durch einen der vier kleinen Shunt-Widerstände geschickt, nachdem eines der vier Reed-Relais den richtigen Bereich eingeschaltet hat. Der Spannungsabfall über diesem Shunt ist direkt proportional dem Strom, der durch diesen Shunt fließt. Diese Spannung wird bei Gleichstrom dem A/D-Wandler direkt zugeführt bzw. bei Wechselstrom am Eingang über den zwischengeschalteten Gleichrichter im AC/DC-Wandler.

Funktionsbeschreibung

Das Modell 2845 setzt die verschiedenen Eingangsgrößen zunächst in eine normale Gleichspannung um, digitalisiert diese mit Hilfe eines A/D-Wandlers und zeigt den Digitalwert mittels LC-Display an. Ein Mikrocomputer steuert die automatische Bereichswahl (aufwärts und abwärts), automatisches Bereichsüberspringen (Auto-Skip), Festbereichswahl (Range-Lock), kΩ/MΩ-Funktionsanzeige, Anzeige-Mittelung und Durchgangsprüfung. Das DMM 2845 wurde rund um einen 4-Bit-Mikrocomputer entwickelt (*Bild 1*). Der 40-Pin-DIL-Mikrocomputer-Chip enthält den Mikroprozessor, ein 1024 × 8-Bit-ROM als Programmspeicher und ein 48 × 4-Bit-RAM als Datenspeicher. Die Bereichsumschaltung erfolgt mittels vier Reed-Relais. Die Steuerung der Reed-Relais, der Kommastelle und der kΩ/MΩ-Symbole geschieht durch den Mikrocomputer.

Die Funktionsschalter, leicht bedienbare Drucktasten, bestimmen, welches Programm, gespeichert im ROM, auszuführen ist. In der Auto-Range-Betriebsart erzeugt der Mikrocomputer jedes Mal, wenn der A/D-Wandler eine Ziffer über 1999 erreicht hat, einen Befehl „Bereich aufwärts". Er schaltet das nächste Reed-Relais ein, verschiebt das Komma um eine Dezimalstelle und zwar so oft, bis am Ausgang des A/D-Wandlers eine Zahl unter 1999 erscheint. Geht die Ziffer am A/D-Wandler-Ausgang unter 179, weil der Meßwert am Eingang kleiner geworden ist, gibt der Mikrocomputer den Befehl „Bereich abwärts", schaltet das nächsttiefere Reed-Relais ein, setzt das Komma zurück usw. Das ganze geht also in der umgekehrten Richtung bis wieder am Ausgang des A/D-Wandlers eine Ziffer zwischen 180 und 1999 vorhanden ist oder der höchste bzw. niedrigste Bereich erreicht ist.

In der Betriebsart „Fester Bereich" (Range-Lock) wird die Bereichsautomatik außer Betrieb gesetzt. Dies kann praktisch sein, wenn längere Zeit bestimmte oder sehr ähnliche Meßwerte gemessen bzw. überwacht werden sollen. Das Modell 2845 ist dann zunächst durch das betreffende Meßsignal in den gewünschten Bereich zu bringen und dann die Taste „Lock" zu drücken. In dieser Funktion wird vom „Bereich aufwärts"-Befehl die Überlaufanzeige eingeschaltet, wenn die anliegende Meßgröße den fixierten Meßbereich überschreiten sollte. Wenn die Bereichs-Automatik im untersten Widerstandsbereich außer Betrieb gesetzt wird, sorgt der Mikrokomputer dafür, daß unterhalb einer Ziffer 179 am Ausgang des A/D-Wandlers der „Bereich aufwärts"-Befehl den akustischen Durchgangsprüfer in Betrieb setzt. Mit anderen Worten, unter 179 Ω ist neben der Anzeige noch ein Tonsignal zu hören.

Die Schaltung für das automatische Bereichsspringen (Auto-Skip) ist im Prinzip ein bipolarer Schwellwert-Detektor, angeschlossen an einem Punkt des 10-MΩ-Präzisionsspannungsteilers. Er spricht an, wenn am Eingang des Instruments eine positive oder negative Spannung über ca. 25 V anliegt und gibt an den Mikrocomputer den Auto-Skip-Befehl. Dieser Befehl veranlaßt aufgrund seiner Priorität den Mikrocomputer, sofort den Bereich 3 (bis 199,9 V) einzuschalten, noch bevor der A/D-Wandler, der ja in Ruhelage im Bereich 1 (1,999 V) steht, mit dem Digitalisieren begonnen hat. Liegt beispielsweise am Eingang des DMM eine Spannung von 240 V an, so ist nur noch ein „Bereich-Aufwärts"-Befehl erforderlich, um in den Bereich 4 zu schalten. Durch Auto-Skip benötigt das Meßgerät 2845 niemals mehr als eine automatische Bereichsumschaltung.

Stichworte zum Inhalt

Digital-Multimeter, Auto-Range, Bereichsautomatik, Überlastschutz, Auto-Skip

EMV-Messungen

EMV ist die unter Fachleuten gängige Abkürzung für „Elektromagnetische Verträglichkeit". Die ungewollte gegenseitige Beeinflussung von elektronischen Geräten ist durch die immer dichter werdende Vermaschung der Elektronik zu einem Faktor geworden, der durch entsprechende VDE- und MIL-Vorschriften beherrschbar gemacht wurde. Die EMV-Messungen, welche zur Erfassung der Grenzwerte in diesen Vorschriften gefordert werden, sind nachfolgend im Prinzip beschrieben. Der Beitrag ist eine Gemeinschaftsarbeit von Mitarbeitern der Firma Texscan GmbH.

Elektromagnetische Eintrahlfestigkeitsmessungen werden durchgeführt, um festzustellen, ob eine Baugruppe, ein Gerät oder ein elektronisches System auch unter dem Einfluß von elektrischen und magnetischen Störfeldern funktionstüchtig ist. Um elektromagnetische Felder entsprechender Größe (V/m bzw. A/m) im Versuchsaufbau zu erzeugen, verwendet man Sender, Breitbandverstärker und E- bzw. H-Feldgeneratoren sowie Antennen entsprechender Dimensionierung.

Da diese Messungen aufgrund postalischer Vorschriften nicht im Freifeld durchgeführt werden können, müssen je nach Prüflingsgröße geschirmte Räume bzw. Hallen zur Verfügung gestellt werden, die ein solches hohes Schirmungsmaß haben, daß die Abstrahlenergie außerhalb des Raumes bzw. der Halle 4×10^{-9} Watt nicht überschreitet. Da diese Räumlichkeiten für ein sehr breites Frequenzspektrum ausgelegt werden müssen (10 kHz bis 18 GHz), ist es außerdem notwendig, die Innenseite mit Absorptionsmaterial auszukleiden, um bei höheren Frequenzen Reflexionen von den Wänden zu verringern. Dies ist jedoch nicht vollständig möglich, so daß EMV-Messungen in geschlossenen Räumen immer Kompromisse im Vergleich zu Freifeldmessungen sind.

Meßaufbau und Beschreibung

Als erstes benötigt man Sender (Wobbelgeneratoren oder Synthesizer), die den gewünschten Frequenzbereich überstreichen. Diese Sender steuern über einen Regelverstärker den entsprechenden Leistungsverstärker an. Die Leistungsverstärker sollten breitbandig sein und im A- bzw. A/B-Betrieb arbeiten. Außerdem müssen sie unempfindlich gegen eingangs- und ausgangsseitige Fehlanpassungen sein. Da bei Breitbandverstärkern die Ausgangsleistung normalerweise nicht geregelt ist, empfiehlt es sich, eine automatische Pegelsteuerung in das Meßsystem zu integrieren *(Bild 1)*.
Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten.

- Direkt vor der Antenne oder dem E-Feldgenerator wird ein Richtkoppler installiert, der einen Teil der Vorwärts- und Rückflußleistung auskoppelt. Das Signal wird gleichgerichtet und dann dazu verwendet, entweder über den vorher erwähnten Regelverstärker oder eine am Sender befindliche ALC-(automatic level control)Buchse den Eingangspegel für den Leistungsverstärker so zu korrigieren, daß über den gesamten Frequenzbereich die Ausgangsleistung konstant bleibt. Die Regelungsgenauigkeit ist dabei in erster Linie von der Genauigkeit des Regelverstärkers bzw. der externen ALC des Senders abhängig.
- Die Regelung des Verstärkers geschieht über die Feldmessung. Das hat den Vorteil, daß die unterschiedliche Abstrahlcharakteristik der Antenne oder des E-Feldgenerators mit in die Regelung eingeht. Mit Hilfe eines isotropen Feldsensors wird das Feld gemessen und über Lichtleiterkabel zu einem zweiten Gerät (Repeater) übertragen. Dort wird die Feldstärke in eine proportionale Gleichspannung umgewandelt, mit der wiederum der Sender bzw. der Regelverstärker gesteuert wird. In diesem Fall wird der Leistungsverstärker so geregelt, daß ein konstantes Feld über den gesamten Frequenzbereich erzeugt wird.

Um kleine Prüflinge im Frequenzbereich bis ca. 500 MHz auf Einstrahlfestigkeit zu testen, läßt sich der Meßaufbau durch eine TEM-Zelle (Crawford-Zelle) vereinfachen. Eine TEM-Zelle ist nichts weiter als eine in den Dimensionen ausgeweitete Koaxleitung, an die auf der einen Seite ein Leistungsverstärker angeschlossen wird, und die andere Seite mit 50 Ω abgeschlossen ist. Die mechanischen Abmessungen einer solchen Zelle bestimmen die obere Grenzfrequenz (je größer die Zelle, um so niedriger die obere Grenzfrequenz). Der Vorteil einer solchen Zelle besteht darin, daß man sie nicht in einem geschirmten Raum betreiben muß und daß man mit geringen Leistungen große Felder erzeugen kann. Der Nachteil besteht darin, daß nur kleine Objekte auf Einstrahlfestigkeit über einen großen Frequenzbereich überprüft werden können.

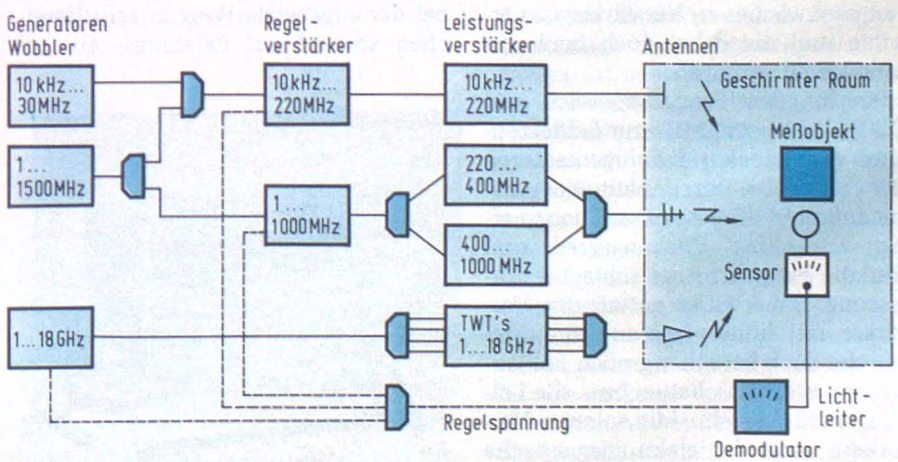


Bild 1. Beispiel des Aufbaus eines EMV-Meßplatzes. Der geschirmte Raum enthält das Meßobjekt

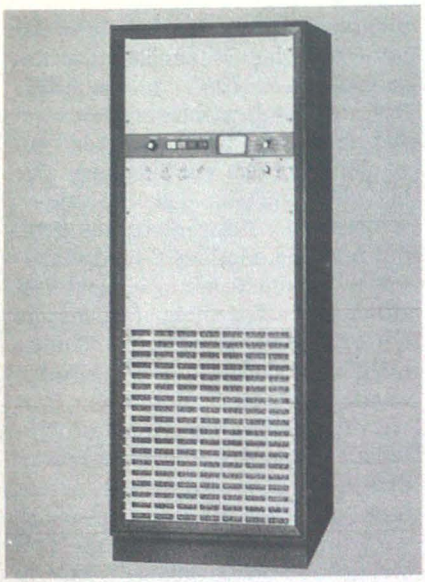


Bild 2. Ein Hf-Breitbandverstärker für EMV-Messungen mit einer Hf-Ausgangsleistung von 1 kW über den Bereich 1...100 MHz

Für den unteren Frequenzbereich können anstelle von Antennen in einigen Fällen auch Stromzangen für Einstrahlfestigkeitsmessungen herangezogen werden. Die Einsatzmöglichkeiten sind jedoch durch die Abstrahlneigung der Stromzangen eingeschränkt, die bei 100...150 MHz beginnt.

Felderzeugung

Die normale Felderzeugung geschieht bis ca. 150 MHz mit E-Feldgeneratoren, ab 150 MHz bis etwa 1 GHz mit logarithmisch-periodischen oder konischen log-spiralen Antennen. Ab 1 GHz verwendet man Hornstrahlerantennen, die es aufgrund ihrer großen Verstärkung und der Abstrahlbündelung zulassen, mit kleineren (leistungsschwächeren) Verstärkern zu arbeiten und die dabei doch noch ein starkes Feld erzeugen.

Die für den Frequenzbereich von 10 kHz bis ca. 200 MHz zur Felderzeugung verwendeten E-Feldgeneratoren bzw. parallelen Streifenleitungen haben aufgrund ihrer Konfigurationen einen schlechten Wirkungsgrad und über die Frequenz eine schlechte Anpassung. Daher ist es notwendig, Verstärker mit hoher Leistung einzusetzen, die auch bei einer großen Fehlanpassung nicht abschalten bzw. die Leistung zurückregeln. Mit solchen Verstärkern kann das elektromagnetische Feld auch bei ungünstigen Anpassungsverhältnissen aufrecht erhalten werden *(Bild 2)*. Das günstigste für diese Anwendung ist ein kurzschluß- und leerlaufsicherer Verstärker, der in jede Impedanz arbeitet, ohne abzuschalten oder zurückzuregeln.

Im Frequenzbereich von 200 MHz bis 1000 MHz sind verschiedene Verstärker (mit Röhren oder transistorisiert) auf dem Markt, die mit den entsprechenden Antennen Feldstärken bis zu einigen 100 V/m erzeugen können. Hier treten dann Fehlanpassungen durch Reflexionen auf, so daß auch hier die Verstärker kurzschluß- und leerlauffest sein sollen. Oberhalb 1 GHz bis 18 GHz empfehlen sich Wanderfeldröhrenverstärker in der Größenordnung von 200 W. Mit dieser Leistung und einer entsprechenden Hornantenne lassen sich E-Felder von etwa 200 V/m in einem Meter Abstand von der Hornantenne aufbauen.

Der Meßaufbau sollte so gestaltet sein, daß sich im Testraum außer dem Prüfling so wenig Geräte wie möglich befinden. Es müssen über geschirmte Wanddurchführungen die Netzversorgung und die Meßkabel für den Prüfling sowie ein feldmessendes Sensorsystem und das felderzeugende Element (Feldgenerator, Antenne) untergebracht werden. Hf-Generatoren, Verstärker und Regeleinrichtungen sollten in einem getrennten Kontrollraum installiert werden, um auf der einen Seite keine Rückwirkung des Feldes auf die Geräte zu verursachen, und um auf der anderen Seite das Feld durch zusätzliche Reflexionen durch die Prüfeinrichtungen nicht noch weiter zu verformen (nicht zu vergessen: Personenschutz).

Es sei noch gesagt, daß je nach Ausbaustufe der gesamte Meßplatz auch rechnergesteuert werden kann. Die Vorteile eines solchen Systems liegen darin, Bedienungsfehler des Personals zu vermeiden, die Testzeiten zu verkürzen und die Meßergebnisse über einen angeschlossenen Drucker oder Schreiber automatisch protokollieren zu können. Der große Nachteil sind die enorm hohen Kosten. Zum Beispiel muß bei verschiedenen Prüflingsarten für jeden Prüfling ein gesondertes Programm aufwendig erstellt werden.

Stichworte zum Inhalt

Elektromagnetische Verträglichkeit, Einstrahlfestigkeit, Crawford-Zelle, isotroper Feldsensor, Breitbandverstärker.

1,2-GHz-Millivoltmeter

Hf-Spannungen zwischen 200 µV und 3 V im Frequenzbereich 10 kHz bis 1,2 GHz und alle Kurvenformen bis zu einem Scheitelfaktor von 140 im Bereich 0,3...30 mV bewertet das neue Hf-Millivoltmeter 9200 von Boonton als Effektivwert. Es ist außer mit einer 4½stelligen Digital- auch mit einer Analoganzeige ausgerüstet *(Bild)*, wobei der angezeigte Wert in acht Bereichen sowohl auf Leistungs- als auf Spannungsreferenz bezogen werden kann: In µV, in allen Bereichen bis 10 V überlastbar, in dBmV mit 0 dB = 1 mV, in dBV mit 0 dB = 1 V, in dBm bezogen auf 1 mW an 50 Ω oder in dBr bezogen auf eine eingegebene dB-Referenz. Die Messung erfolgt frei wählbar automatisch oder manuell, wobei als Eingangsimpedanz Z_0 jeder beliebige Wert im Bereich 50...600 Ω zugeordnet werden kann.

Alle an der Frontplatte einstellbaren Funktionen einschließlich Nullabgleich lassen sich auch über einen IEEE-Bus steuern. Als Standard-Zubehör wird ein Hf-Tastkopf für jeden Meßeingang mitgeliefert. Das IEEE-Bus-Interface, die Batteriebetriebs-Einrichtung für acht Betriebsstunden, ein zweiter Hf-Meßeingang (rückseitig) und ein Rack-Adapter für die eventuelle Systemintegration sind als Option zu beziehen. Als weiteres Meßzubehör stehen passende T-Adapter sowie Übergänge und Abschlüsse mit 50 Ω und 75 Ω Impedanz zur Verfügung.

HPS

Bruce Hofer, Hans-Peter Fleischheuer

Automatische Klirrfaktor-Messungen

Die Automatisierung von Meßvorgängen spart Zeit und entlastet das Bedienungspersonal. Die Klirrfaktormessung ist mit herkömmlichen Methoden eine Sache, die präzises und gewissenhaftes Arbeiten voraussetzt und einige Minuten in Anspruch nimmt. Wesentlich erleichtert und auf einige Sekunden verkürzt wird diese Tätigkeit bei Verwendung eines automatischen Klirrfaktor-Meßplatzes, wie z. B. dem nachfolgend beschriebenen Tektronix AA 501.

Verzerrung ist ein Maß für den Grad der Verfälschung des Originalsignals. Im Grunde ist es jeder unerwünschte Anteil oder jede Signalveränderung. Unter den vielen Verzerrungsarten ist die häufigste Art die, die dem Originalsignal Komponenten hinzufügt, die ursprünglich nicht darin enthalten sind.

Das menschliche Ohr kann sehr kleine Verzerrungspegel erkennen. Unter günstigen Bedingungen hören die meisten Menschen Verzerrungen ab ca. 2% Klirrfaktor und manche behaupten, eine noch größere Hörschärfe zu besitzen.

Ein typisches, elektronisch verarbeitetes Audio-Signal muß viele Stufen der Verstärkung, Demodulation und Filterung durchlaufen, bis es das Ohr erreicht. Da sich die Verzerrungen jeder Stufe addieren, ist es nicht ungewöhnlich, daß zur Sicherung der Gesamtqualität die Verzerrungspegel in den einzelnen Stufen unter 0,01% liegen sollen.

Auch geringe Klirrfaktoren meßbar

Die Geräte-Kombination *(Bild 1)* aus Klirrfaktormesser AA 501 und Sinusgenerator SG 505, beide von Tektronix, ermöglicht die Messung von Klirrfaktorwerten von weniger als 0,0025%. Der SG 505 selbst hat weniger als 0,0008% (typ. 0,0003%) Eigen-Klirrfaktor und ist damit der Generator mit dem wohl niedrigsten, garantierten Eigen-Klirrfaktor und kontinuierlicher Abstimmung auf dem Markt.

Wie werden Verzerrungen gemessen?

Die grundlegende Methode, Verzerrungen zu messen, besteht darin, daß man die erwünschten Komponenten eines Signals herausfiltert und die verbleibenden Anteile, ausgedrückt als ein Prozentsatz des Originalpegels, mißt. Z. B. zur Messung des Gesamt-Klirrfaktors plus Rauschen (THD + N) *(Bild 2)* benutzt man ein fein abgestimmtes Kerb-Filter (Notch), um die Grundwelle zu unterdrücken, und mißt dann die verbleibenden Oberwellen, die durch Verzerrung und Rauschen verursacht sind, mit einem Breitband-Voltmeter.

Bild 1. Audio-Analyzer-Meßplatz von Tektronix für automatische Klirrfaktor- und Intermodulationsmessungen

Bild 3 zeigt das Blockdiagramm des AA 501. Der Differenzverstärker-Eingang reduziert die Einwirkungen von Erdschleifen und Gleichtaktsignalen. Der Eingangsschaltkreis verarbeitet Signalamplituden von weniger als 60 mV bis zu 200 V.

Die automatische Meßbereichswahl hält den Pegel am Ausgang des Vorverstärkers innerhalb eines Bereichs von 20 dB. Die automatische Verstärkungsregelung (AVR) bewirkt danach eine konstante Signalamplitude, die als Festpegel benutzt wird (100% Verzerrungs-Referenzpegel).

Das Signal passiert danach ein aufwendiges, automatisch abstimmendes Kerb-Filter, das die Grundwelle unterdrückt. Die Abstimmung erfolgt in Bändern unter Verwendung von Fotowiderständen (LDRs) als veränderliche Elemente zur Erzielung eines geringen Verzerrungs- und Rauschanteils. Nur wenige Geräte bieten eine so weitgehende, automatische Abstimmung. Bei vielen anderen Geräten muß die Bedienungsperson das Kerb-Filter bis auf einige Prozent der Signalfrequenz abstimmen, bevor die automatische Feinabstimmung einsetzt. Im Gegensatz dazu besitzt der AA 501 nicht einmal einen Abstimmknopf.

Mittel- und Effektivwert

Das vom Kerb-Filter kommende Signal wird verstärkt, durchläuft wahlweise verschiedene Bewertungsfilter zur Begrenzung der Meßbandbreite und wird gleichgerichtet für die Meßwertanzeige. Der AA 501 bietet sowohl Mittelwert- als auch echte Effektivwerterfassung und als Option die Erfassung des Quasispitzenwertes. Obwohl die Erfassung des echten Effektivwertes für das gewöhnlich nicht sinusförmige Verzerrungs-Signal die genauere Erfassungsart ist, wird bei vielen Anwendungen die traditionellere Mittelwerterfassung benötigt. Typisch für den Mittelwert ist der um ein bis zwei dB niedrigere Meßwert als beim echten Effektivwert. Die Erfassung des Quasispitzenwertes ist bei bewerteten Fremdspannungsmessungen nach DIN 45 405 bzw. CCIR 468-2 vorgeschrieben.

Analysatoren, die Zeigerinstrumente für die Anzeige verwenden, konfrontieren den Anwender oft mit mehreren Skalen, die zu fehlerhaften Ablesungen führen können. Sie bieten jedoch gegenüber Digitalanzeigen den Vorteil,

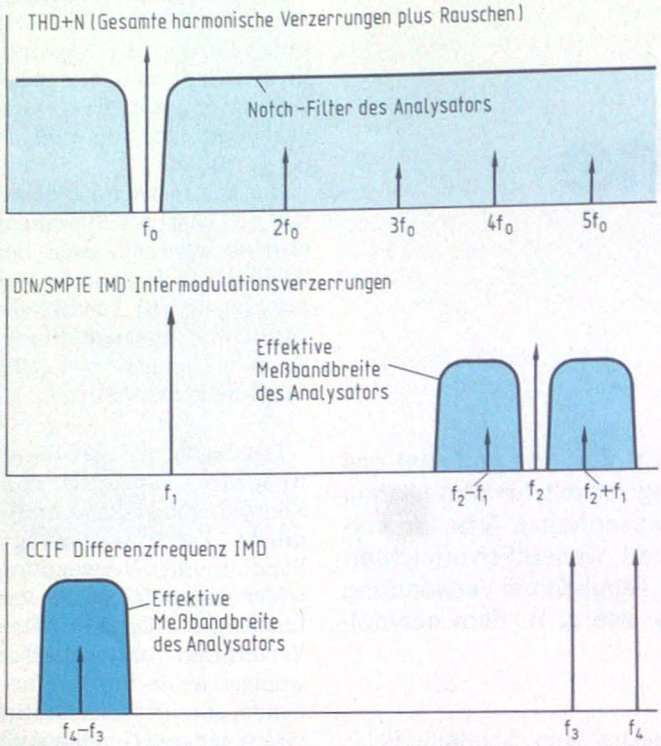


Bild 2. Die Darstellung zeigt drei verschiedene Verzerrungsarten und deren Meßmethoden

daß sie Richtung oder Trend bei unstabilen oder sich ändernden Signalen anzeigen.

Beim AA 501 wird der genaue Meßwert dimensionsrichtig auf einer 3½stelligen Digitalanzeige angezeigt. Parallel dazu arbeitet die analoge Balkenanzeige. Die Zehn-Segment-Anzeige wird logarithmisch angesteuert, wobei jedes voll erleuchtete Segment etwa 2,5 dB darstellt. Helligkeitsmodulation der Segmente erzeugt den Eindruck einer sich bewegenden Anzeige, die Pegeländerungen von weniger als 0,5 dB erkennbar macht. Die analoge Balkenanzeige ist besonders bei Abgleicharbeiten nützlich.

Messung der Intermodulationsverzerrungen

Der AA 501 ist für die Messung der Intermodulationsverzerrungen nach DIN-, SMPTE- und CCIF-Normen erweiterbar. Durch diese Option werden IMD-Messungen genauso automatisiert wie die Klirrfaktormessungen.

Nach DIN werden ein Signal niedriger Frequenz und großer Amplitude sowie ein Signal hoher Frequenz und niedriger Amplitude auf den Eingang des Prüflings gegeben. Die Messung nach der amerikanischen SMPTE-Norm ist der nach DIN ähnlich, verwendet aber andere Frequenzen. Beim Differenzton-Verfahren nach CCIF werden zwei Signale gleicher Amplitude mit den Frequenzen 14 kHz und 15 kHz benutzt.

Der AA 501 mißt die Frequenzkomponenten des angelegten Testsignals, erkennt automatisch, ob nach DIN, SMPTE oder CCIF gemessen wird und wählt danach den passenden Filterschaltkreis aus.

Bild 4 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild des AA 501 in der Betriebsart IMD. Zur Vereinfachung sind einige der in Bild 3 gezeigten Blöcke weggelassen worden.

Die Messung der IMD-Verzerrung nach DIN und SMPTE ist ein Verfahren der AM-Demodulation. Nach Passieren der Eingangsverstärker geht das Signal durch ein sehr steiles Hochpaßfilter, um die niederfrequente Komponente des Testsignals zu unterdrücken. Das Signal wird dann auf eine bekannte 100-%-Bezugsspannung eingepegelt und demoduliert. Da das Amplitudenverhältnis des Testsignals von 1:1 bis 5:1 variieren kann, muß der AVR-Schaltkreis für IMD-Messungen einen größeren Regelbereich haben als bei der Klirrfaktormessung. Die höherfrequenten Signalanteile werden durch das Tiefpaßfilter unterdrückt.

Die Messung der Differenzfrequenz-Verzerrung nach CCIF ist ein neueres Verfahren. Das Eingangssignal durchläuft den gleichen AVR-Schaltkreis, der für die Klirrfkatormessungen verwendet wird, und geht dann durch zwei sehr steile Tiefpaßfilter. Diese Filter entfernen die beiden 14-kHz- und 15-kHz-Komponenten des Testsignals und lassen nur die Messung der Differenzfrequenz-Komponente zu.

Einsatz als Breitband-Spannungs- und Pegelmesser

Sehr oft müssen absolute Signalpegel gemessen werden. In der Betriebsart „Level" arbeitet der AA 501 als Voltmeter mit automatischer Bereichswahl, das einen Meßbereich von 200 µV bis 200 V abdeckt. Im 200-µV-Bereich können Signale von einigen Mikrovolt (Eigenrauschen der Eingangsstufe) mit einer Auflösung von 0,1 µV

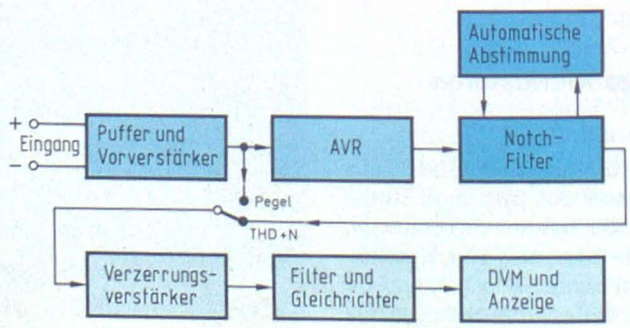


Bild 3. Blockschaltung des Audio-Analyzers AA 501

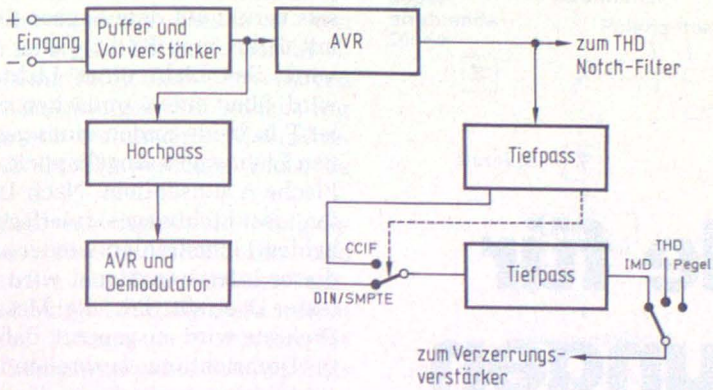


Bild 4. Vereinfache Blockschaltung des AA 501 mit eingebauter IMD-Option. Der Übersichtlichkeit wegen sind einige Schaltungsblöcke aus dem Blockdiagramm weggelassen

gemessen werden (das entspricht etwa der 1000fachen Empfindlichkeit eines Allzweck-Digital-Multimeters).

Der AA 501 zeigt die Meßergebnisse wahlweise in Volt, dBm (600 Ω) oder als dB-Verhältnis an. Die Betriebsart „dB Ratio" ist für direkte Messungen von Verstärkung, Dämpfung, Frequenzgang und Signal/Rausch-Verhältnis nützlich. Kurzes Drücken des Knopfes „Push To Set 0 dB Ref", stellt die Anzeige auf 0,0 dB, die damit zum Bezugspegel für alle nachfolgenden Messungen wird. Diese Einrichtung ermöglicht bequeme und genaue Messungen von Verhältnissen bis >150 dB.

Vier Filter

Der AA 501 hat vier eingebaute Filter und die Möglichkeit, externe Filter einzuschleifen. Der 400-Hz-Hochpaß dient zur Brummunterdrückung. Die beiden 80-kHz- und 20-kHz-Tiefpässe ermöglichen die Begrenzung des Breitbandrauschens bzw. eine Reduzierung der Meßbandbreite. Das „A"-Bewertungsfilter wird zur subjektiven Beurteilung von Audiogeräten gemäß den Normen des Institute of High Fidelity Manufacturers (IHF) benötigt. Die Filterkurve entspricht den Spezifikationen für Präzisionsschallpegelmesser nach DIN, ANSI und IEC. Auf Wunsch kann auch ein Psophometerfilter gemäß IEC 468-2 und ein Bandpaß von 22,4 Hz...22,4 kHz eingebaut werden.

Stichworte zum Inhalt

Klirrfaktor, Signalverfälschung, THD, Quasispitzenwert, automatische Klirrfaktormessung, Intermodulationsverzerrungen, Bezugspegel.

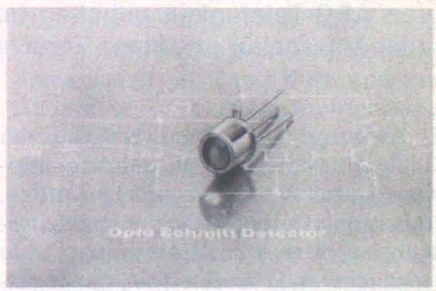
Bildzeilenspeicher mit CCD

Von Plessey Research kommt unter der Bezeichnung MS-1003 ein CCD-Bildspeicher auf den Markt, mit dem eine komplette TV-Bildzeile nach der NTSC-Norm gespeichert werden kann. Das Bauelement hat 910 Speicherstellen und arbeitet mit einer Taktfrequenz von 14,3 MHz. Temperatur-Driftfehler werden durch eine Kompensationsschaltung unterdrückt. Das CCD-Bauelement gibt es in zwei Versionen: Die eine dient dem Einsatz als Verzögerungsleitung, hier läßt sich ein Dynamikbereich von 60 dB erreichen. Bei der anderen Version ist die Speicherung einer einzelnen Zeile in Analogform möglich. Hier liegt die erzielbare Dynamik deutlich über 60 dB. Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich beispielsweise zur Speicherung der in der Austastlücke übertragenen Signale für Sonderdienste (z. B. Videotext). Kp.

Monolithischer Opto-Schmitt-Detektor

Infrarot-Sensor, Schmitt-Trigger, Spannungsregler, Differenzverstärker und Ausgangspuffer sind auf dem nur 1,5 mm × 1,5 mm großen Chip eines neuen Opto-Schmitt-Detektors von Spectronics-Honeywell untergebracht, der als SD 5600 im TO-46-Metallgehäuse mit gewölbter Linse *(Bild)*, als SDP 8600 im Kunststoffgehäuse mit Seitenfenster oder mit Kunststoffgehäuse und eingebauter LED als Gabellichtschranke unter der Bezeichnung SPX 2001 angeboten wird.

Der neue Baustein ist mit TTL, CMOS und anderen Logikfamilien kompatibel. Gegenüber diskret aufgebauten Schaltungen dieser Art zeichnet er sich durch besseren Störabstand



und günstigeren Preis aus. Gleichgültig, wie langsam sich die Beleuchtungsstärke ändert, schaltet er bei Erreichen des Schwellwertes in etwa 50 ns um, wobei die Ansprechverzögerung typischerweise 5 µs beträgt. Der auf dem Chip integrierte Spannungsregler ist beim SD 5600 und beim SDP 8600 für Eingangsspannungen von 4,5...16 V und für Temperaturen von –40...+100 °C ausgelegt.

Gemäß einer bei Spectronics durchgeführten Untersuchung lassen sich mit Opto-Schmitt-Detektoren etwa 70 % aller derzeit mit Fotodetektoren gelösten Schaltprobleme bewältigen. Typische Einsatzgebiete sind Lochkarten- und Lochstreifen-Leser, Drehwinkel-Codierer, digitale Positionserfassung, Materialrand-Überwachung u. ä.

HPS

Dr. Klaus Petermann

Eine neue Meßmethode für Drehbewegungen

Faserkreisel nutzt den Sagnac-Effekt

Meßgeräte für Drehbewegungen werden auch als Kreisel bezeichnet. „Kreisel" deswegen, weil zum Bestimmen der Winkellage derzeit nahezu ausschließlich mechanische Kreisel verwendet werden, bei denen eine Masse auf hohe Drehzahl gebracht wird. Ein solcher Kreisel hat das Bestreben, seine Achsrichtung im Raum beizubehalten. Wird diese einer Drehbewegung ausgesetzt, so müssen Kräfte auf sie ausgeübt werden. Aus den gemessenen Kräften läßt sich dann die Drehgeschwindigkeit ableiten. Dieser Beitrag ist eine Niederschrift des Referates, welches der Autor auf dem 17. Technischen Pressekolloquium von AEG-Telefunken gehalten hat. Dr. Petermann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Ulmer Forschungsinstitut des Unternehmens.

Aufgrund des großen Fortschritts der Lichtleitfasertechnik in den vergangenen Jahren ist es möglich geworden, mit einem neuen Prinzip Drehbewegungen zu messen. Man gelangt zum sogenannten „Faserkreisel", der gegenüber einem mechanischen Kreisel bedeutende Vorteile hat:

- keine mechanisch bewegten Teile,
- hohe Lebensdauer, da kein Verschleiß,
- unempfindlich gegenüber Erschütterungen,
- kurze Einschaltzeit,
- kompakter Aufbau mit integrierter Optik möglich.

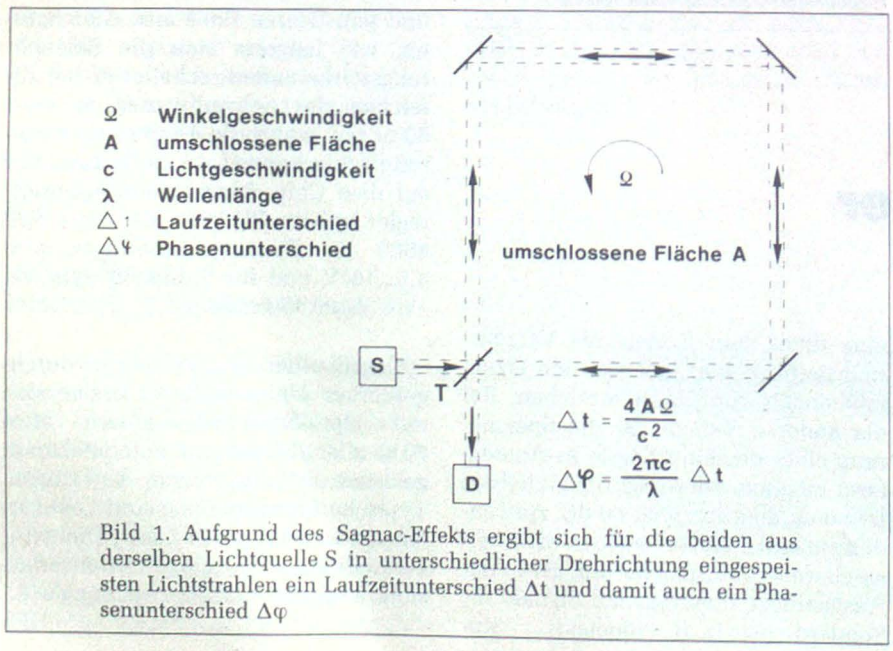


Bild 1. Aufgrund des Sagnac-Effekts ergibt sich für die beiden aus derselben Lichtquelle S in unterschiedlicher Drehrichtung eingespeisten Lichtstrahlen ein Laufzeitunterschied Δt und damit auch ein Phasenunterschied $\Delta\varphi$

Die Funktionsweise des Faserkreisels beruht auf dem Sagnac-Effekt, der mit Hilfe von *Bild 1* näher erläutert wird. Das Licht einer Lichtquelle S wird über einen optischen Strahlteiler T in beide Enden eines geschlossenen Lichtweges eingekoppelt, der eine Fläche A umschließt. Nach Durchlaufen des Lichtweges interferieren die beiden Lichtstrahlen wieder an T, und dieses Interferenzsignal wird vom Detektor D erfaßt. Für die Messung der Drehrate wird ausgenutzt, daß der sich in Drehrichtung ausbreitende Lichtstrahl eine geringfügig längere Zeit braucht, um wieder zum Strahlteiler T zu gelangen, als der sich entgegengesetzt zur Drehrichtung ausbreitende Lichtstrahl. Dieser Laufzeitunterschied Δt ist selbst bei großen umschlossenen Flächen A des Lichtweges außerordentlich klein.

Soll beispielsweise die Erddrehrate ($\Omega = 15\,°/h$) gemessen werden, so ergibt sich selbst bei einer relativ großen umschlossenen Fläche von $A = 1000\,m^2$ ein Laufzeitunterschied von nur $3 \cdot 10^{-18}$ s.

Es erscheint auf den ersten Blick nahezu unmöglich, derart kleine Zeitunterschiede zur zuverlässigen Messung von Drehraten heranzuziehen. Es sind jedoch aufgrund der Interferenz zwischen den beiden umlaufenden Lichtstrahlen am Strahlteiler T auch sehr kleine Laufzeitunterschiede meßbar. Die unterschiedlichen Laufzeiten bewirken nämlich, daß die optischen Phasen der beiden am Strahlteiler T interferierenden Wellen nicht exakt übereinstimmen, sondern einen Phasenunterschied $\Delta\varphi$, den sogenannten Sagnac-Phasenunterschied, zueinander aufweisen. Durch dessen Messung lassen sich sehr kleine Laufzeitunterschiede bestimmen, wobei man für den als Beispiel angegebenen Wert für Δt bei einer Lichtquelle im nahen Infrarot ($\lambda \approx 800$ nm) einen Phasenunterschied von ca. $\Delta\varphi = 0{,}4\,°$ erhält. Dieser kleine Phasenunterschied ist mit modernen Methoden meßbar, so daß damit auch eine so kleine Drehgeschwindigkeit bestimmbar wird.

So wurde schon 1925 die Erddrehung gemessen

Bereits vor mehr als 50 Jahren war es Michelson und Gale [1] gelungen, mit einem Aufbau entsprechend Bild 1 die Erddrehrate nachzuweisen. Damals wurde ein rechteckiger Aufbau mit Kantenlängen von ca. 600 m und ca.

300 m verwendet, so daß sich eine sehr große umschlossene Fläche A von 180 000 m^2 ergab. Aufgrund der für eine hohe Empfindlichkeit notwendigen großen Abmessungen des Aufbaus war aber an ein technisches Meßinstrument für Drehbewegungen nicht zu denken.

Dies änderte sich mit dem Erfolg der optischen Nachrichtentechnik und insbesondere der Lichtleitfaser-Technologie. Heutige Lichtleitfasern weisen im nahen Infrarot (λ = 0,8 µm bis 0,9 µm) Dämpfungswerte von nur 2 bis 3 dB/km auf, d. h. nach 1 km Faserlänge sind noch etwa 50 %...60 % des eingekoppelten Lichtes vorhanden. Bei längeren Wellen beträgt die Dämpfung nur noch Bruchteile von einem dB/km. Lichtleitfasern lassen sich infolge ihres geringen Durchmessers und ihrer Flexibilität in großen Längen auf Spulen kleiner Abmessungen wickeln, so daß sich bei kompakter Anordnung lange Lichtwege realisieren lassen.

In dieser Form ist der Faserkreisel (*Bild 2*) aufgebaut. Um eine höhere Empfindlichkeit auch bei kleinen Drehraten zu erzielen, wird an der Faserspule ein Phasenmodulator angeordnet, der mit einem sinusförmigen Signal der Frequenz $f_o \approx 120$ kHz angesteuert wird und die Phase der Lichtwelle in der optischen Faser moduliert. Durch die Phasenmodulation wird auch die optische Leistung am Fotodetektor moduliert, und zur Signalgewinnung wird mit Hilfe eines Lock-in-Verstärkers die Signalkomponente bei f_o detektiert.

Das sich am Ausgang ergebende Signal ist proportional zu sin ($\Delta\varphi$) und damit auch für kleine Phasenunterschiede proportional zur Drehrate. Auf diese Weise ergibt sich auch für sehr kleine Drehraten eine hohe Empfindlichkeit.

Superstrahlende Diode als Sender

Als Lichtquelle wird eine superstrahlende Diode verwendet. Die superstrahlende Diode nimmt eine Mittelstellung zwischen einer gewöhnlichen lichtemittierenden Diode (LED) und einem Halbleiterlaser ein: In der Richtcharakteristik gleicht sie einem Halbleiterlaser, in der Kohärenzlänge einer gewöhnlichen LED. Die Spektralbreite der im Forschungsinstitut verwendeten superstrahlenden Diode beträgt etwa 8 bis 10 nm und ist damit

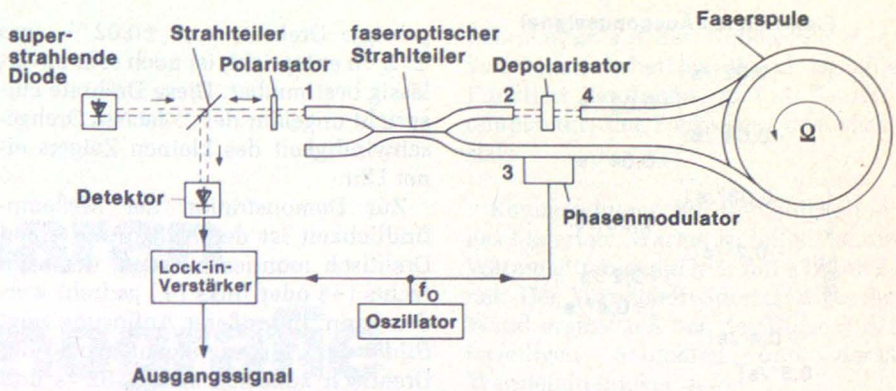


Bild 2. Realisierter Aufbau eines Faserkreisels

erheblich größer als die Spektralbreite eines Halbleiterlasers. Eine große Spektralbreite entspricht einer geringen Kohärenz und damit einer geringen Kohärenzzeit.

Wird eine Lichtquelle geringer Kohärenz verwendet, lassen sich Interferenzen nur dann messen, wenn sich die Laufzeiten der interferierenden Strahlen um weniger als die Kohärenzzeit der Lichtquelle voneinander unterscheiden. Da der Laufzeitunterschied zwischen den beiden die Spule entgegengesetzt durchlaufenden Wellen außerordnentlich gering ist, ist die Ermittlung des Sagnac-Phasenunterschieds auch bei Verwendung sehr inkohärenter Lichtquellen möglich. Auf diese Weise läßt sich das Interferenz-Problem weitgehend vermeiden.

Die aufgrund beispielsweise von Reflexionen unerwünschten interferierenden Wellen haben im allgemeinen relativ große Laufzeitunterschiede. Wenn die Kohärenzzeit der Lichtquelle kurz ist gegenüber diesen Laufzeitunterschieden, treten die unerwünschten Interferenzen nicht mehr in Erscheinung und es wird nur der Sagnac-Phasenunterschied gemessen.

Um das Problem unterschiedlicher Polarisationen auszuschalten, wird durch den Polarisator ein Polarisationszustand fest vorgegeben. Damit stellt sich auch an den Toren 2, 3 und schließlich an 4 jeweils ein bestimmter Polarisationszustand ein. Die Lichtleistung am Fotodetektor hängt vom Übereinstimmungsgrad der Polarisationszustände an 2 und 4 ab, und jede Änderung des Übereinstimmungsgrades führt zu einer Änderung der Signalleistung.

Um nun den Übereinstimmungsgrad konstant zu halten, wird zwischen 2 und 4 ein Depolarisator angeordnet, der polarisiertes Licht gleichmäßig auf alle Polarisationszustände verteilt.

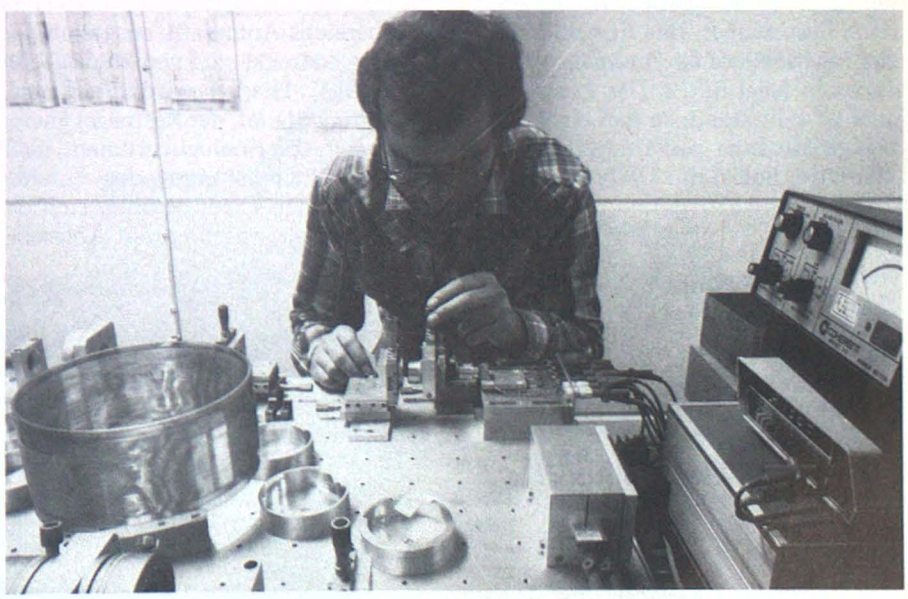


Bild 3. Im Forschungsinstitut Ulm von AEG-Telefunken wurde ein Faserkreisel aufgebaut, mit dem man Laufzeitunterschiede von 10^{-18} s messen kann. Unser Bild zeigt die Arbeiten am Versuchsaufbau

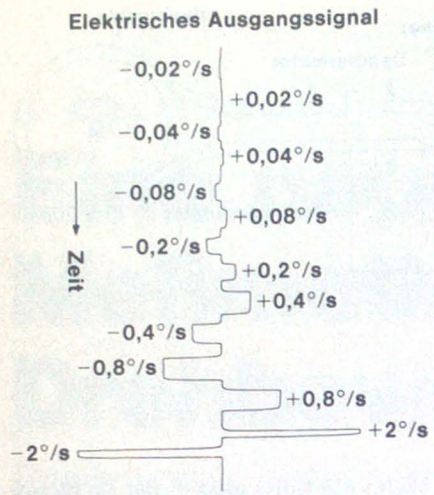


Bild 4. Ausgangssignale des Faserkreisels für verschiedene Drehraten

gezeigte Drehrate von ±0,02 °/s, was ±72 °/h entspricht, ist noch sehr zuverlässig bestimmbar. Diese Drehrate entspricht ungefähr der 2½fachen Drehgeschwindigkeit des kleinen Zeigers einer Uhr.

Zur Demonstration der Meßempfindlichkeit ist der Aufbau auf einen Drehtisch montiert worden, der nach rechts (−) oder links (+) gedreht werden kann. In größerer Auflösung zeigt *Bild 5* das Ausgangssignal, wobei der Drehtisch zunächst auf −0,02 °/s und dann nach einer Pause auf +0,02 °/s und zurück geschaltet wurde. Der genauen Ermittlung dieser Drehrate werden Grenzen durch Rauschen gesetzt, das dem Nutzsignal überlagert ist. In Bild 5 beträgt die mittlere Rauschamplitude 0,00035 °/s bzw. 1,25 °/h. Dieser Wert bisher bereits um mehr als eine Größenordnung geringer als die Erddrehrate, so daß diese sicher bestimmbar wird.

Die Erddrehung ist also mit Hilfe eines Faserkreisels sicher nachzuweisen. Die erzielten Ergebnisse zeigen, daß der Faserkreisel zukünftig eine ernsthafte Konkurrenz für konventielle Kreisel darstellen wird.

Literatur

[1] *Michelson, A. D., Gale, H. G.*: The effect of the earth's rotation on the velocity of light". Journ. Astrophysics 61 (1925), S. 140...145.

Stichworte zum Inhalt:

Sagnac-Effekt, Messung der Erddrehung, superstrahlende Diode, Faserkreisel.

Durch diese gleichmäßige Verteilung wird genau ein Übereinstimmungsgrad von ½ erreicht. Damit wird die Signalleistung am Detektor unabhängig von Polarisationsdrehungen innerhalb der Faserspule.

Schuhschachtelgroßer Faserkreisel mit hoher Auflösung

Nach diesem Prinzip wurde ein Faserkreisel gebaut (*Bild 3*) mit einem Spulendurchmesser von 20 cm und einer aufgewickelten Faserlänge von 800 m, so daß sich insgesamt eine umschlossene Fläche von A = 40 m² ergibt.

Mit diesem Faserkreisel sind Drehraten über einen großen Drehratenbereich bestimmbar. Das Ausgangssignal des Faserkreisels für Drehraten von bis zu ±2 °/s zeigt *Bild 4*. Das Ausgangssignal ist sehr stabil, so daß eine zuverlässige Messung von Drehungen möglich wird. Selbst die kleinste in Bild 4

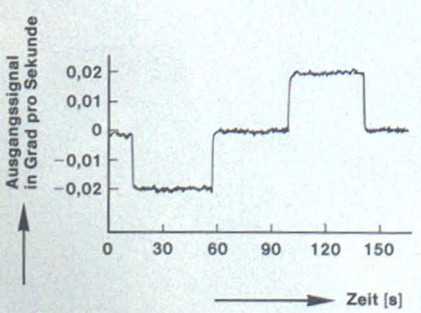


Bild 5. Selbst für die kleinste Drehrate nach Bild 3 von 0,02 °/s lassen sich noch einwandfreie Ausgangssignale erzeugen
(Alle Bilder: AEG-Telefunken)

Antennen-Meßempfänger

Grundig stellte ein weiteres neues Servicegerät vor, dessen Ausstattung sämtliche Messungen und Überprüfungen an Antennenanlagen mit hoher Genauigkeit zuläßt. Der Meßempfänger ME 80 (*Bild*) ist nicht nur für die herkömmlichen vier Fernsehbereiche sowie UKW-, Kurz-, Mittel- und Langwelle ausgelegt, sondern erfaßt auch alle Sonderkanäle des Kabelfernsehens. Die Einstellungen für insgesamt acht Empfangskanäle können in einen programmierbaren, elektronischen Speicher eingegeben werden und sind dann jeweils per Tastendruck abrufbar.

Der Pegelmeßbereich des mit einer Meßbereichs-Automatik ausgestatteten Gerätes erstreckt sich von 20 dBµV bis 130 dBµV. Hierbei wird die Grunddämpfung digital, der Restpegel analog angezeigt. Das Analoginstrument, nach dem die Feinjustierung der Antenne vorgenommen wird, befindet sich dadurch immer im günstigen Ablesebereich. Zur besseren Beurteilung von Bildeinzelheiten kann durch Tastendruck der mittlere Bildausschnitt, wo sich bei Testbildern die Frequenzmuster befinden, um ca. 50 % gedehnt werden. Außerdem ist ein Videoausgang vorhanden, der die weitere Kontrolle der Bildqualität ermöglicht.

Als Hilfe beim Ausrichten von UKW-Antennen hat der ME 80 eine digitale Frequenz- beziehungsweise Kanalanzeige sowie optische Stereo-Anzeige zu bieten. Für die qualitative Beurteilung des Stereosignals ist ein Stereo-Kopfhörer anschließbar.

Der Antennenmeßempfänger erlaubt wahlweise Netz- oder Batteriebetrieb. Er zeichnet sich durch geringes Gewicht und günstige Abmessungen aus. Eine Frontschutzhaube schützt die Bedienelemente und den 16-cm-Bildschirm beim Tragen und nimmt auch das Zubehör auf. Ta.

Dr.-Ing. W. Kunz

Energiesparen und Thermografie

Möglichkeiten und Grenzen eines Energiesparberatungskonzeptes

Die rapide steigenden Energiepreise der letzten Jahre haben in der Öffentlichkeit die Bereitschaft zu energiesparenden Maßnahmen nachhaltig gefördert. Die Bauherren achten in weit stärkerem Maße darauf, daß der Architekt nicht nur ästhetische und formale Gesichtspunkte bei der Planung eines Gebäudes in den Vordergrund stellt, sondern daß er eine vernünftige Wärmedämmung mindestens gleichrangig beachtet. Nur selten wurde beim Entwurf eines Gebäudes dessen eigentlicher Sinn, nämlich eine schützende Hülle zu sein, so in den Vordergrund gestellt. Es ist klar, daß heute Besitzer solcher Gebäude aus der Zeit der „Überflußarchitektur" durch allerlei Maßnahmen versuchen, den hohen Energieverbrauch zu drosseln.

Der sparwillige Bürger wird von einer Flut von Broschüren und Ratschlägen geradezu überschüttet, so daß er vielfach überfordert ist, aus der Fülle der angebotenen Möglichkeiten die bei seinem Gebäude wirkungsvollsten und wirtschaftlichsten Maßnahmen auszuwählen. Es entstand oft der Eindruck, daß die „Thermografie" fast ein Wundermittel sei, wenn die Schwachstellen eines Gebäudes aufgespürt werden sollen. Viele größere Städte beeilten sich, ihren Bürgern einen solchen Service anbieten zu können.

Auch der Beratungsdienst des TÜV Bayern e. V. ist auf diese Weise ins Leben gerufen worden. Die Stadt München stellte finanzielle Mittel und der TÜV Personal und Know-how bereit, um im Raum München die Fragen energiesparwilliger Bürger beantworten zu können.

Bauphysikalische Grundlagen

Betrachten wir nur den Teil der Wärmeverluste eines Gebäudes, der durch Wärmeleitung durch die Außenflächen verlorengeht, so ist für die wärmetechnische Qualität eines Gebäudes hauptsächlich das Material und die Dicke der Außenwände maßgebend. Die Temperatur auf der Außenseite einer von innen beheizten Wand ist eine Funktion der Innen- und Außenlufttemperatur, der Dicke und des Materials.

Kennzeichnend für die Fähigkeit eines Materials, Wärme zu leiten, ist die Wärmeleitfähigkeit, hier mit λ bezeichnet. Der Wärmeleitwiderstand R_λ der Wand ergibt sich aus der Dicke s der jeweiligen Schichten und deren Wärmeleitfähigkeit λ.

Wenn man zu den Wärmeleitwiderständen des Wandaufbaues noch die Wärmeübergangswiderstände an der Innen- und der Außenseite der Wand, $1/\alpha_{innen}$ und $1/\alpha_{außen}$, hinzunimmt, ergibt sich der Wärmeleitwiderstand R_{ges}.

R_{ges} ist gleich dem Reziprokwert der vieldiskutierten k-Zahl. Wichtig für die Praxis ist, daß um so mehr Wärme durch eine Wand strömt (vorausgesetzt, es herrschen außen und innen unterschiedliche Temperaturen), je kleiner R_{ges} und je größer die k-Zahl ist. Einen wärmetechnisch guten Wandaufbau erkennt man deshalb an einer niedrigen k-Zahl.

Es ist daher auch das Ziel der quantitativen, thermografischen Messung, die Größe der k-Zahlen an bestehenden Gebäuden zu ermitteln. Kennt man Innen- und Außenlufttemperatur sowie die Größen α_{innen}, $\alpha_{außen}$, λ_i und s_i, so läßt sich der Wärmestrom Q durch die

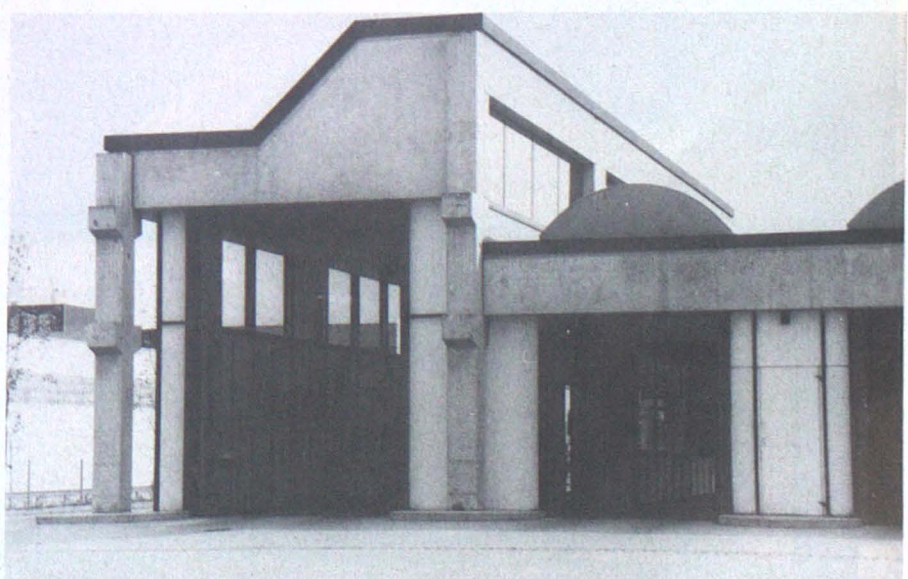


Bild 1. Fotografie der Kfz-Prüfhalle Garching mit geöffneten Hallentoren

Wand leicht berechnen. Kennt man umgekehrt durch eine Messung (z. B. mit Hilfe der Thermografie) den Wärmestrom Q, so läßt sich die k-Zahl ableiten.

Unerfreulicherweise gibt es nun in der Praxis eine wesentliche Einschränkung:
Obiges gilt nur unter der Voraussetzung zeitlich konstanter (stationärer) Verhältnisse und für den Wärmedurchgang durch ebene Flächen.

Allein aber die unterschiedlichen Außenlufttemperaturen am Tage und in der Nacht verhindern in der Praxis streng stationäre Verhältnisse. Für die Thermografie bedeutet dies, daß thermografische Messungen nur in Zeitspannen durchgeführt werden dürfen, während denen etwa „quasistationäre" Zustände herrschen, um mögliche Fehler zu minimieren. Ein Beispiel für einen Meßfehler, der wegen des Fehlens eines stationären Zustandes zustande kam, sei in *Bild 1* und *2* gezeigt.

Man erkennt, daß die freistehende Stützsäule in der linken Seite der Bilder eine erhebliche Wärmeabgabe aufweist. Da hinter einer freistehenden Säule natürlich keine hohe „Innentemperatur" herrschen kann, muß diese Wärme von der tagsüber gespeicherten Sonneneinstrahlung stammen.

Mit der Wärmespeicherfähigkeit ist eine physikalische, gebäudespezifische Eigenschaft angesprochen, die unabhängig vom Meßprinzip einer Thermografiekamera erhebliche Einflüsse auf das Meßergebnis haben kann.

Physikalische Grundlagen der Thermografie

Jeder Körper, dessen Temperatur von der des absoluten Nullpunktes verschieden ist, sendet Energie in Form von Strahlung aus. Die Intensität dieser Strahlung hängt dabei von der Höhe der Temperatur ab. Je höher die Temperatur eines Körpers ist, um so mehr Energie wird von ihm abgestrahlt. Andererseits empfängt ein solcher Körper auch Strahlung aus seiner Umgebung.

Für den Fall, daß sich über längere Zeit die Temperatur des Körpers und der Umgebung nicht ändern, sich das System also in einem „stationären" Zustand befindet, besteht ein Gleichgewicht zwischen beiden Strahlungsströmen. D. h., die vom Körper ausgesandte (emittierte) Strahlung ist gleich groß wie die von ihm empfangene (absorbierte) Strahlung.

Ein physikalischer Effekt, der sicher jedem bekannt ist, besteht darin, daß z. B. ein erwärmter Metallblock ab etwa 800 °C rot zu glühen beginnt, und daß sich die Farbe dieses Glühens bis zur sogenannten Weißglut ändert, je höher die Temperatur des Blockes ist.

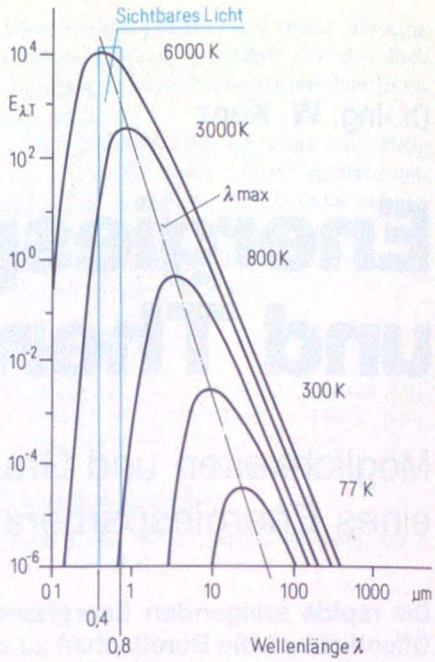


Bild 3. Isothermen der schwarzen Strahlung

Verantwortlich hierfür ist die Tatsache, daß sich die Wellenlänge der Strahlung mit steigender Temperatur zu kürzeren Wellenlängen hin verschiebt. Mathematisch wird dieser Zusammenhang vom Planck'schen Strahlungsgesetz beschrieben:

$$E_{\lambda,T} = \frac{2\,\pi\,c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\frac{c_2}{e^{\lambda \cdot T} - 1}}$$

Bild 2. Das gleiche Gebäude wie in Bild 1 mit geschlossenen Hallentoren. Die Farben auf der linken Seite des Farbkeils kennzeichnen kalte Stellen, die Farben auf der rechten Seite warme Stellen

$c_1 = c^2 \cdot h \qquad c_2 = \frac{c \cdot h}{k}$

c: Vakuum-Lichtgeschwindigkeit

h: Planck'sches Wirkungsquantum

k: Boltzmann-Konstante

λ: Wellenlänge der Strahlung

T: abs. Temperatur des Strahlers

Der von dieser Gleichung beschriebene, physikalische Sachverhalt ist in *Bild 3* grafisch dargestellt.

Man erkennt, daß sich das Maximum der abgestrahlten Energie mit steigender Temperatur zu kleineren Wellenlängen hin verschiebt. Das Strahlungsmaximum liegt bei den Temperaturen, bei denen die Thermografie eingesetzt wird (0...20 °C) bei etwa 9 µm. Integriert man die Planck'sche Formel, so erhält man daraus den vom Stefan-Boltzmann-Gesetz beschriebenen Zusammenhang, der die hier gewünschte Beziehung zwischen der Oberflächentemperatur eines Körpers und der dabei von ihm insgesamt abgestrahlten Energie liefert:

$$E_{ges} = \varepsilon \cdot C_s \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4$$

Dabei ist C_s die Strahlungskonstante eines „schwarzen" Körpers und ε das Emissionsverhältnis eines realen Körpers. Das Kennzeichen eines schwarzen Körpers besteht darin, daß er sämtliche einfallende Strahlung absorbiert und keinen Teilbetrag dieser Strahlung reflektiert. In der Praxis bereitet die Tatsache, daß ein Körper mit einer solchen „schwarzen" Oberfläche real nicht existiert, bei der Anwendung der Thermografie erhebliche Probleme an Flächen, die einer starken Störstrahlung ausgesetzt sind.

Technische Grundlagen

Bei der Thermografie versucht man, sich die hier beschriebenen, physikalischen Zusammenhänge nutzbar zu machen, um Meßwerte der von einem Gebäude abgestrahlten Wärmeenergie zu erhalten. Im Grunde ist eine Thermografiekamera ein Strahlungsmeßgerät. Von herkömmlichen Strahlungsmeßgeräten unterscheidet sie sich dadurch, daß das Meßobjekt nicht an einem einzigen Punkt, sondern auf seiner ganzen Fläche abgetastet wird. *Bild 4* zeigt eine solche Kamera, wie sie der TÜV seit Ende 1980 besitzt.

Die Kameraausrüstung besteht aus dem eigentlichen Empfangselement, das auf einem Stativ befestigt ist, dem Elektronikteil, das die vom Empfänger

Bild 4. Thermografie-Kamera des TÜV Bayern e. V.

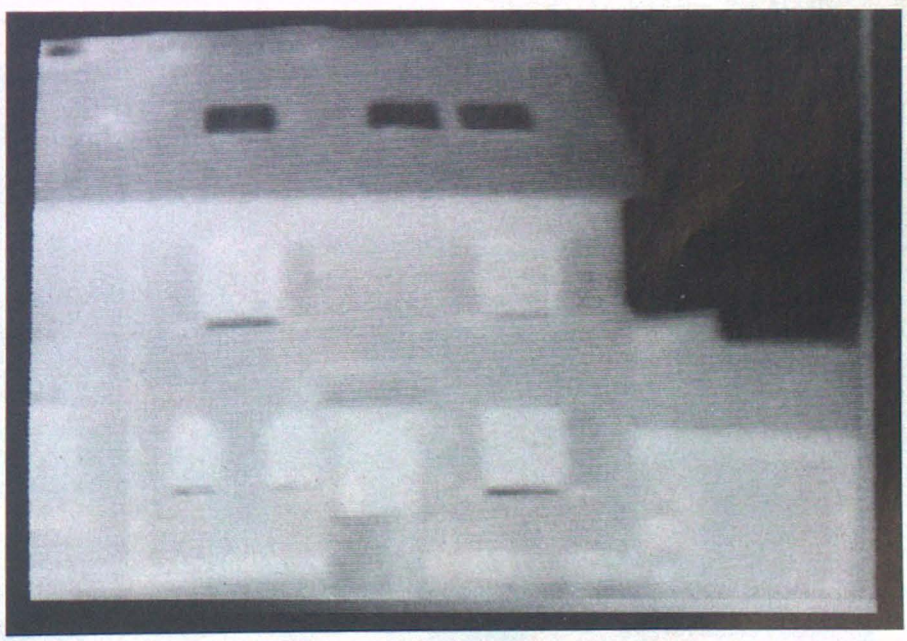


Bild 5. Das Bild auf dem Monitor läßt Temperaturunterschiede durch verschiedene Grauwerte erkennen

Bild 6. Bestimmten Grauwertbereichen werden bestimmte Farben zugeordnet. Durch die computergestützte Bildverarbeitung kann jede gewünschte oder zweckmäßige Farbgebung realisiert werden

kommenden Signale in ein übliches Fernsehbild umsetzt, dem Suchermonitor und einem Videorecorder. Hinzu kommen die Batterien und der Transportwagen.

Kernstück einer Thermografiekamera ist der Detektor, der die einfallende Wärmestrahlung in ein elektrisches Signal umwandelt. In der Infratek-Kamera des TÜV ist ein HgCdTe-Detektor eingebaut, der in dem für Gebäudeuntersuchungen interessanten Wellenlängenbereich zwischen 8...14 µm empfindlich ist. Er muß mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden, um das jedem Detektor eigene, thermische Rauschen soweit wie möglich zu unterdrücken. Vor dem Detektor ist ein Schwingspiegelsystem angeordnet, das das zu untersuchende Objekt zeilenweise abtastet. Die minimal auflösbare Temperaturdifferenz beträgt bei 20 °C etwa 0,2 °C.

Die Elektronik der Kamera ordnet jeder Intensität der einfallenden Strah-

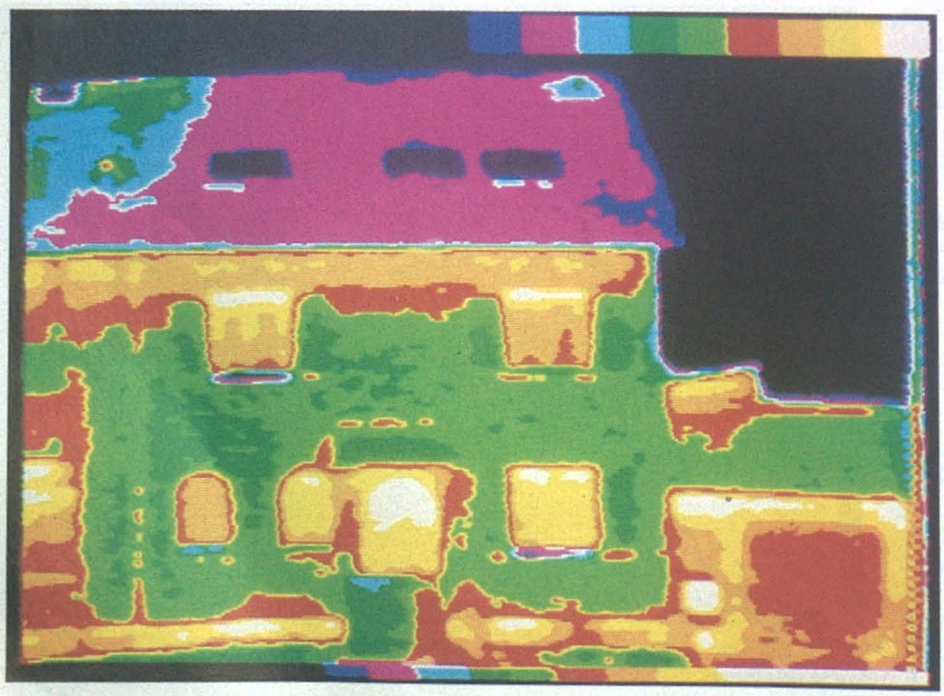


Bild 7. Mittels Grauwertaufspreizung können zur Darstellung alle vorhandenen zehn Farbabstufungen ausgenutzt werden
(Alle Fotos: TÜV Bayern e. V.)

lung einen bestimmten Grauwert zu, so daß auf dem Suchermonitor ein S/W-Fernsehbild erscheint (*Bild 5*), auf dem relativ warme Stellen hell und relativ kalte Stellen dunkel zu erkennen sind. Dieses Fernsehbild wird in einem handelsüblichen Videorecorder auf Magnetband gespeichert und später in einer nachfolgenden Computerbehandlung in ein Colorgramm, eine Pseudofarbdarstellung, umgewandelt.

Der Weg zum farbcodierten Bild

Der erste Schritt der Bildverarbeitung besteht darin, das auf dem Videoband gespeicherte Bild in den Bildspeicher des Rechners „einzuziehen". In der gegenwärtigen Ausbaustufe des vom TÜV benutzten IBAS-Systems der Firma Kontron/Eching steht ein maximaler Speicherplatz von 2000 mal 2000 Bildpunkten zur Verfügung. Der analog vorliegende Grauwertebereich des Fernsehbildes wird in den Zahlenbereich 0 bis 256 digitalisiert, d. h. Bildstellen ohne jede Helligkeitsinformation wird der Grauwert 0 und sehr hellen Bildstellen der Grauwert 256 zugeordnet.

Da hier jedes Videobild für sich erheblich verrauscht ist, werden mehrere Standbilder hintereinander eingezogen und überlagert, so daß wegen der dabei auftretenden Mittelwertbildung statistisch verteiltes Rauschen stark unterdrückt wird. Der Unterschied zwischen dem Originalbild und dem entrauschten Bild kann wegen des Qualitätsverlustes bei der photografischen Reproduktion nicht gezeigt werden.

Nach diesem Verarbeitungsschritt wird dem Bild eine sogenannte Farb-Look-Up-Table überlagert und am Farbbildschirm dargestellt. Dies geschieht dadurch, daß bestimmten Grauwertbereichen (z. B. dem Bereich 0...25) eine bestimmte Farbe zugeordnet wird. In unserem Fall haben sich zehn Farbstufen als optimal herausgestellt. Das Computersystem ist aber hier beliebig flexibel, d. h. es kann jede gewünschte oder zweckmäßige Farbgebung realisiert werden. *Bild 6* zeigt das Ergebnis dieses Schrittes.

Bei der Pseudofarbdarstellung am Monitor des Rechners wird das nach wie vor als Graubild in digitaler Form im Bildspeicher vorliegende Thermografiebild bei der Digital/Analog-Umsetzung mit Hilfe der Look-Up-Table in die drei Farben Rot, Grün und Blau zerlegt. Der Farbmonitor wird mit einem RGB-Signal angesteuert.

Bei diesem Verarbeitungsschritt geht eine große Menge Information, die im Original-S/W-Bild vorhanden war, verloren. Es werden nur mehr zehn Intensitätsstufen dargestellt. Üblicherweise füllt jedoch ein Thermografiebild nicht den vollen Grauwertebereich von 0 bis 256 aus. Die Helligkeitsinformation dieses Beispielbildes beginnt erst bei dem Grauwert 100. Um nun alle zehn Farbstufen auf dem interessierenden Objekt abzubilden, wird eine Grauwertaufspreizung vorgenommen. Sämtlichen Grauwerten kleiner 100 wird der Wert 0 zugeordnet und der Bereich 100 bis 256 wird auf den Bereich 0 bis 256 aufgespreizt. Dieser Verarbeitungsschritt entspricht einer Kontrastanhebung (*Bild 7*).

Grenzen der Thermografie

Der Wärmestrom, der von innen durch eine Wand nach außen geht, teilt sich an der Außenwandoberfläche auf in die Teilströme $Q_{konvektiv}$ und $Q_{Strahlung}$.

$$Q_{ges} = Q_{konv.} + Q_{Strahlung}$$

Die erste, wesentliche Einschränkung der Thermografie ergibt sich aus der Unmöglichkeit, mit einem Strahlungsmeßgerät die Größe Q_{ges} messen zu können. Die Thermografiekamera ist bestenfalls in der Lage, eine Aussage über die Größe von $Q_{Strahlung}$ zu ermöglichen.

Erst dadurch, daß die Größe des Strahlungsstromes eine Funktion der Oberflächentemperatur ist, und dadurch, daß unter bestimmten Bedingungen der Wert $\alpha_{außen}$ einigermaßen zuverlässig angegeben werden kann, wird es überhaupt erst möglich, die unbekannte k-Zahl der Wand zu berechnen.

Dazu müssen die Wetterverhältnisse so sein, daß nahezu Windstille herrscht. Maximal dürfen 2 m/s Windgeschwindigkeit auftreten, wenn mit Hilfe einer Thermografie der k-Wert einer Wand ermittelt werden soll.

Es ist selbstverständlich, daß thermografische Aufnahmen nur in den Nachtstunden möglich sind, weil die am Tage herrschende Sonneneinstrahlung erhebliche Änderungen der Oberflächentemperatur hervorruft.

In Bild 2 war bereits gezeigt worden, daß auch die Wärmespeicherfähigkeit einer Fassade zu erheblichen Fehlinterpretationen Anlaß geben kann. Um diesen Einfluß so klein wie möglich zu halten, ist es erforderlich, daß die Umgebungstemperaturen an einigen Tagen vor der Messung nur geringfügig schwanken, und daß möglichst am Tage keine Sonneneinstrahlung herrscht.

Es versteht sich von selbst, daß solch ideale Wetterbedingungen, wie sie die Thermografie erfordert (Temperaturen dauerhaft unter 5 °C, Windstille, keine Sonneneinstrahlung am Tage, kein Regen oder Schneefall) nur vergleichsweise selten auftreten. Ein Energiesparberatungskonzept, das sich allein auf die Thermografie abstützen würde, wäre wegen der langen Ausfallzeiten extrem eingeschränkt und könnte nur wenigen Bürgern pro Jahr zur Verfügung stehen.

Bedenkt man nun weiter, daß selbst dann, wenn meteorologisch optimale Bedingungen vorliegen, das fertige Thermografiebild sehr leicht zu Fehlinterpretationen führen kann, so stellt sich die ketzerische Frage, weshalb nun überhaupt die Thermografie durchgeführt wird.

Zur Schadensfindung sinnvoll

Bei der Diskussion der Möglichkeit, mit einem Strahlungsmeßgerät die Wärmeabgabe von Fassaden zu ermitteln, wurde nämlich noch ein sehr leicht zu falschen Aussagen führender Gesichtspunkt ausgeklammert, der aber in der Praxis häufig auftritt. Gemeint ist der Einfluß der Emissionszahl ε, die von der Wellenlänge ebenso abhängt wie von der Art des Materials und der Beschaffenheit der Oberfläche. Zum Glück weisen nun nahezu alle Baustoffe in dem Wellenlängenbereich der Thermografiekamera (8...14 µm) ein fast gegen den Wert 1 gehendes Emissionsvermögen auf. Lediglich die Thermografie blanker Metalle ist „blanker Unsinn", da diese einen sehr niedrigen Emissionsgrad besitzen. Die Strahlung, die Metalle aussenden, ist mit anderen Worten größtenteils Reflexion. Allgemein gilt der Zusammenhang, daß die Summe der Faktoren aus Emission, Reflexion und Transmission gleich 1 ist (Kirchhoff'sches Gesetz).

Nur dann, wenn ε nahezu gleich 1 ist, können Störeinflüsse anderer Strahlungsquellen, die auf der zu untersuchenden Oberfläche eine scheinbare Temperatur hervorrufen, ausgeschlossen werden.

An dem in Bild 7 gezeigten Beispiel erkennt man diesen Störeinfluß sehr deutlich.

Obwohl die Dachgeschoßräume dieses Hauses zum Zeitpunkt der Aufnahme ebenso beheizt waren wie die Räume im Erdgeschoß und im 1. Stockwerk, scheinen die Dachfenster eine wesentlich niedrigere Oberflächentemperatur zu besitzen. Kontrollmessungen mit herkömmlichen Meßfühlern zeigten jedoch, daß auch diese Fenster nahezu die gleiche Oberflächentemperatur besaßen. Wie kommt es zu einer solchen, offensichtlich falschen Temperaturdarstellung der Thermokamera? Im Wellenlängenbereich der Kamera besitzt Glas einen Emissionsfaktor von 0,8...0,88. Die bis zu der Summe von 1 fehlenden 0,2 sind Reflexionseinflüsse.

Probleme mit der Störstrahlung

Wenn nun, wie im Falle des Beispieles, das Potential der reflektierten Störstrahlung (hier die sehr kalte Himmelstrahlung) sehr groß ist, führt dies auf dem Thermografiebild zu Grauwerten, die nicht mehr die eigentliche Oberflächentemperatur, sondern zu einem großen Teil auch die Temperatur der Störstrahlungsquelle repräsentieren. Wegen des schrägen Betrachtungswinkels reflektieren die Fenster im Dach diese Störstrahlung, während die Fenster an der Fassade unbeeinflußt bleiben.

Andererseits zeigt aber auch gerade dieses Beispiel, daß die Thermografie trotz der hier vorgetragenen Grenzen ihren Beitrag zu einer Energiesparberatung liefern kann. Man erkennt im Bereich der Kellerdecke einen durchgehenden, hellen Streifen, der aufzeigt, daß bei der Fassadendämmung (das Gebäude besitzt in diesem Fall eine sog. Thermohaut) die Dämmung der Kellerdecke „vergessen" worden ist. Die Fähigkeit der Thermografiekamera, Temperaturunterschiede sichtbar zu machen, ist also hauptsächlich dort von Vorteil, wo Schadensfälle vermutet werden.

Mit dieser Feststellung ist auch der Einsatzbereich der Thermografie im Rahmen des Beratungskonzeptes des TÜV Bayern e. V. abgesteckt. Dieses Konzept stützt sich im wesentlichen auf Computerberechnungen, die dank des im Energiebus eingebauten Rechners auch vor Ort durchgeführt werden können. Aus diesem Grunde ist eine weitere, quantitative Auswertung des Thermografiebildes nicht erforderlich. Grundsätzlich besteht diese Möglichkeit über einen zusätzlich im Bild befindlichen Wärmestromgeber. Dieser ist z. B. in Bild 7 als weißer Punkt vor der Garage erkennbar. Auch Reflexionseinflüsse ließen sich durch die gezielte Umfärbung der betroffenen Stellen beseitigen.

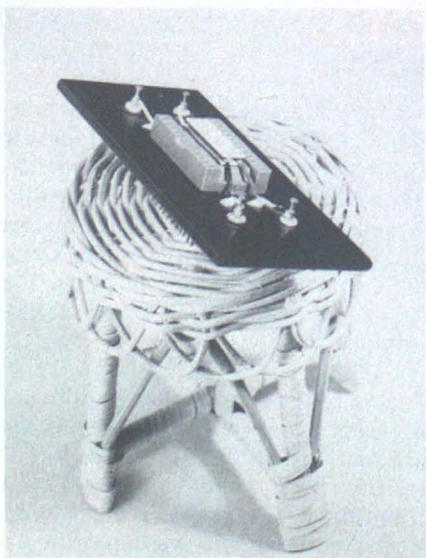
Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich in der Industrie, um z. B. repräsentative Stellen für Temperaturmessungen oder Isolationsschäden (z. B. Ausmauerung von Öfen) aufzuspüren. In diesem Bereich ist die Kamera auch in den letzten Monaten bereits erfolgreich eingesetzt worden.

Stichworte zum Inhalt

Thermografie, Grauwertaufspreizung, Energieberatung, Wärmeleitwiderstand, Colorgramm, Look-Up-Table, Wärmedämmung

Kühlsystem für Bildsensoren

Marlow (deutsche Vertretung: Nucletron, München) hat eine 24polige Wire-Wrap-IC-Fassung für Halbleiter-Bildsensoren mit einem Peltier-Kühler bestückt (*Bild*). Mit Hilfe eines an der kalten IC-Kontaktfläche angeklebten geeichten Thermistors kann die Temperatur auf einen gewünschten Wert stabilisiert werden. Bei einer Versorgungsgleichspannung von 1,25 V/1 A läßt sich eine Abkühlung um 20 °C (max. 25 °C) gegenüber der Umgebungstemperatur erreichen. Die 100 mm × 45 mm große Montageplatte dürfte für eine natürliche Konvektionskühlung ausreichend sein, so daß keine zusätzliche Wasser- oder Luftkühlung nötig wird.



24polige Wire-Wrap-IC-Fassung mit einstufigem Peltier-Kühler für Halbleiter-Bildsensoren, mit dem sich eine Abkühlung um etwa 20 °C gegenüber der Umgebungstemperatur erreichen läßt (Werkfoto)

Wie zahlreiche Experimente zeigen, bringt eine Kühlung bzw. Temperaturstabilisierung von Halbleiter-Bildsensoren folgende Verbesserungen: Bei einer Temperaturreduzierung um jeweils 9 °C ergibt sich eine Halbierung des temperaturabhängigen Dunkelstroms, wodurch sich der Dynamik-Bereich erheblich erweitert, z. B. von 400 bei 27 °C auf 800 bei 18 °C und auf 1600 bei 9 °C. Ferner werden die Dunkelstrom-Schwankungen und die temperaturabhängigen Fehlstellen in Bildsensoren reduziert. Die kompakte Halbleiter-Kühlmethode vermeidet außerdem Geräusche und Vibrationen, wie sie bei mechanischen Kühlsystemen üblich sind.

Bei relativ niedriger Luftfeuchtigkeit und einer geringen Temperaturabsenkung, wie sie mit dem einstufigen Kühler erfolgt, kommt es noch zu keiner Wasserkondensation auf der Sensor-Oberfläche. Mehrstufige Kühlsysteme mit einer Abkühlung bis eventuell −40 °C erfordern jedoch eine geeignete Vakuum-Sensor-Aufnahmeeinheit.

Diese verhindert durch das Vakuum und ihren Aufbau die Entstehung einer unerwünschten Kondensat-Schicht auf der Sensor-Oberfläche. Als Richtpreis für den 24poligen IC-Sockel mit einstufigem Kühler werden ca. 600 DM genannt. Ra.

Gebrauchstest:
Trio Oszilloskop CS-1830

Gut bürgerlich

Obwohl für die Auswahl eines Oszilloskops vor allem der Verwendungszweck und erst in zweiter Linie der Preis ausschlaggebend sein dürfte, wird man heutzutage kaum mehr „Einkanaler" finden. So handelt es sich auch beim hier vorgestellten Gerät um ein Zweikanal-Oszilloskop der mittleren Preisklasse (wobei man berücksichtigen muß, daß die Preise in letzter Zeit in Bewegung – nach unten – geraten sind).

Nachdem die Bandbreite des Y-Verstärkers in erster Linie ausschlaggebend für die Güte des Gerätes ist, sei sie hier an erster Stelle genannt: Sie beträgt 30 MHz (–3 dB) ab 5 mV/Teil. Das Gerät kann auch damit in die „mittlere Klasse" eingereiht werden.

Die Bedienelemente an der Frontseite sind in der üblichen Weise angeordnet. Im unteren Drittel befinden sich die Bedienelemente der Vertikalverstärker für die Kanäle A und B. Der Planschirm mit einer Fläche von 120 mm x 96 mm ist in 8 x 10 quadratische Teile (1 Teil = 9,5 mm) aufgeteilt. Durch das Innenraster ist eine parallaxenfreie Ablesung möglich. Die Bedienelemente die für die Triggerung zuständig sind, wurden farblich abgesetzt und ermöglichen so eine einwandfreie Zuordnung. Ca. 6 s nach dem Einschalten erscheint der grüne Strahl auf dem bläulichen Schirm. Dieser ist mit einer Metallgitterfolie hinterlegt, um ein Einbrennen des Strahls zu verhindern.

Was die Bedienung erschwert (oder erleichtert?) sind die fünf Knöpfe mit Doppelfunktion, wobei die jeweilige Stellung nur durch genaues Hinschauen erkannt werden kann. So wird durch Ziehen des „Vertikal-Position"-Knopfes auf eine Eingangsempfindlichkeit von 2 mV (bei 20 MHz Bandbreite) umgeschaltet. Bleibt der Knopf „Hold Off" (mit kontinuierlicher Einstellmöglichkeit des Triggereinsatzpunktes bis etwa den Faktor 10) gedrückt, so wird ab der Stellung 50 µs der Zeitablenkung vom alternierenden Betrieb automatisch in den Chopper-Betrieb umgeschaltet. Ist der „Hold-Off"-Knopf gezogen, so läuft das Gerät im Chopper-Betrieb (außer der „Source"-Schalter steht in in Stellung „Alt".

An der Rückseite befindet sich der Eingang für die Strahlmodulation. Diese Helligkeitssteuerung erlaubt eine Modulation des Elektronenstrahls mit einer Fremdspannung bekannter Frequenz und Amplitude, so daß die Helligkeit des Strahls periodisch verändert werden kann. Im Kurvenzug erscheinen dann Dunkelmarken, deren Zahl und Abstand Aufschluß über die Zeitwerte eines Meßvorganges geben.

Die Zeitablenkung läßt sich in 20 Bereichen grob, von 0,2 µs/Teil bis 0,5 s/Teil einstellen. Für die Triggereinstellung sind zehn Knöpfe bzw. Schalter mit 19 Schaltmöglichkeiten vorgesehen. Diese Vielfalt verwirrt allerdings nur auf den ersten Blick, nach ein wenig Eingewöhnungszeit und Studium der (auch in Deutsch erhältlichen) Bedienungsanleitung findet man sich bald zurecht.

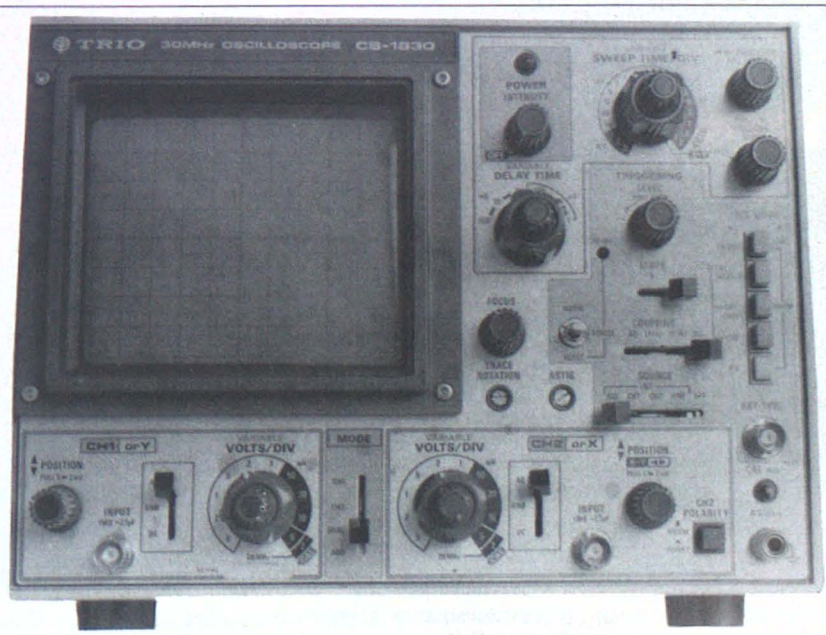
Das Gerät besitzt – eigentlich auch selbstverständlich für ein Gerät dieser Preisklasse – eine verzögerte Zeitablenkung, mit der z. B. Videosignale vergrößert eingestellt werden können oder eine durch ein Netzwerk hervorgerufene Phasenverschiebung exakt gemessen werden kann.

Dieses Oszilloskop hat noch den Vorteil, daß Messungen von Vorderflanken-Verzögerungen (die bei jeder beliebigen Teilerschaltung vorkommen können) problemlos durchgeführt werden können. Wird dann noch die kalibrierte Zeitablenkung (Cal) zugeschaltet, so läßt sich die Verzögerung auch zeitlich erfassen.

Die technische Daten des Gerätes sind der *Tabelle* zu entnehmen. Neu.

Stichworte zum Inhalt

Zweikanal-Oszilloskop CS-1830, Metallgitterfolie, Einbrennen des Elektronenstrahls, parallaxenfreie Ablesung, verzögerte Zeitablenkung, Vorderflanken-Verzögerung.



Das Oszilloskop CS-1830 von Trio hat eine Bandbreite von 30 MHz und eine Eingangsempfindlichkeit von 2 mV

Tabelle: Technische Daten des Oszilloskops CS-1830

Vertikalverstärker

Bandbreite	DC: 0...30 MHz (–3 dB) ab 5 mV/Teil DC: 0...20 MHz (–3 dB) bis 2 mV/Teil AC: 5 Hz...30 MHz (–3 dB) ab 5 mV/Teil AC: 5 Hz...20 MHz (–3 dB) bis 2 mV/Teil
Anstiegszeit	ca. 11,7 ns (30 MHz) oder kleiner ca. 11,5 ns (20 MHz) oder kleiner
Eingangsempfindlichkeit	2 mV/Teil (20 MHz) 5 mV/Teil (30 MHz)
Eingangsabschwächer	5 mV/Teil (2 mV/Teil) ... 5 V/Teil innerhalb zehn Bereichen sowie kontinuierliche Feineinstellung zwischen den Bereichen
Max. zul. Eingangsspannung U_{SS}:	600 V
Übersprechdämpfung	besser als –60 dB (ALT-Betriebsart) besser als –40 dB (CHOP-Betriebsart) jeweils bei 1 kHz
Darstellungsarten	CH 1: Kanal 1 allein CH 2: Kanal 2 allein DUAL: Gleichzeitige Darstellung von Kanal 1 und Kanal 2 ADD: Einkanaldarstellung von Kanal 1 und Kanal 2 als Summensignal bzw. Darstellung des Differenzsignales, wenn die Taste CH 2 POLARITY gedrückt ist. X – Y: X-Y-Betrieb von Kanal 1 und Kanal 2, wobei Kanal 1 als Y-, Kanal 2 als X-Eingang benützt wird. Der SWEEP/TIME DIV Schalter muß dabei auf X-Y-Position stehen.

Horizontale Ablenkung

Empfindlichkeit/Impedanz	wie beim Y-Verstärker
Bandbreite	DC: 0...2 MHz (–3 dB) AC: 5 Hz...2 MHz (–3 dB)

Zeitbasis

Arbeitsweise NORM:	Normaltriggerung
Arbeitsweise AUTO:	Automatische Triggerung mit Freilauf bei fehlendem Eingangssignal bzw. einstellbar
Arbeitsweise SINGLE:	Einzeltrigger
Ablenkzeiten	0,2 µs/Teil...0,5 s/Teil ± 3 % in 20 Bereichen, 1-2-5-Folge mit kontinuierlicher Feineinstellung
Dehnung	× 5 ± 10 % von der Mitte des Bildschirms
Linearität	± 3% (± 10 % für 0,5 µs und 0,2 µs/Teil Bereiche mit × 5-Dehnung)

Triggerung der Zeitbasis

Triggerquellen INTERN:	ALT: Triggerung vom Eingangssignal des Kanals 1 oder Kanals 2 CH 1: Triggerung vom Eingangssignal des Kanal 1 CH 2: Triggerung vom Eingangssignal des Kanal 2 LINE: Triggerung mit der Netzfrequenz
Triggerquellen EXTERN:	EXT: Triggerung mit einem externen Triggersignal
Triggerkopplung	AC; LF-Rej; HF-Rej; DC
Video-Synchronisation	FRAME: Bild-Synchronisation mit dem vertikalen Synchronisations-Signal LINE: Zeilen-Synchronisation mit dem horizontalen Synchronisations-Signal
Trigger „HOLD – OFF“	Zur Verzögerung des Triggereinsatzpunktes bis etwa Faktor 10

Verzögerte Zeitablenkung

Verzögerungszeit	1 µs...100 ms, in fünf Bereichen und Feineinstellung zwischen den Bereichen
Betriebsarten	Die Verzögerungszeit kann getrennt für Kanal 1 und Kanal 2 in ALT-Betriebsart für CH 1 Delay oder CH 2 Delay geschaltet werden
Jitter	5000 : 1
Helligkeits-Modulation	Die verzögerte Zeit wird hell gesteuert

Abmessungen 260 mm × 190 mm × 375 mm (B × H × T)

Masse ca. 8,6 kg

Dr. Herbert Specht

Thermografie

Kalibrierte Temperaturbilder für Labor und Prüffeld

Im Zusammenhang mit der Heizenergieeinsparung ist in letzter Zeit in allen Medien über ein Anwendungsgebiet der Infrarot-Thermografie, nämlich die Gebäudethermografie, oft mehr populär als sachlich richtig, aber überwiegend positiv berichtet worden. Auf diesem Umweg sind auch viele Interessenten aus dem Forschungs- und Industriebereich angesprochen worden, die Einsatzmöglichkeiten dieses „neuen" Verfahrens in ihrem Bereich erneut zu überdenken, auch wenn sie es vor bereits zehn Jahren als unzureichend verworfen haben. Die Thermografie, über die seit nunmehr schon fast 20 Jahren in kleinen Zirkeln konferiert und weit verstreut in der Literatur fast aller Branchen gelegentlich berichtet wird, ist längst kein „neues" Verfahren mehr, aber immer noch ein relativ unbekanntes und unterschätztes, vor allem aber unakzeptiertes Hilfsmittel. Das seinerzeit für den Laser geprägte Bonmot gilt abgewandelt auch für sie: Thermografie ist eine Lösung auf der Suche nach Problemen, vor allem aber nach mutigen und solventen Anwendern ohne Eigenbau-Kapazität.

Wen die Frage beschäftigt, welche Temperaturverteilung sich auf einem hochspannungsführenden Bauteil, z. B. in der Hochspannungsverteilung, aber auch auf der Netzplatine eines kleinen HeNe-Lasers (siehe Titelbild), beim Normalbetrieb einstellt und was sich vor und während eines beginnenden Ausfalls abspielt, wird die Thermografie als einzigartiges Hilfsmittel zur Beurteilung und Fehlerfrüherkennung schätzen gelernt haben. Der thermografische Blick in manchen Schalt- und Steuerschrank, aber auch in Fernsehgeräte (*Bild 1*), auf elektrische Haushaltsgeräte (*Bild 2*) und Entwicklungsmuster aller Art sowie bestückte Platinen und Multilayer-Platten mit hochohmigen Kurzschlüssen hat manches fruchtbare „Aha-Erlebnis" ausgelöst. Nicht zuletzt ist auch in der Elektronikbranche die Thermografie ein zunehmend häufiger benutztes Mittel, die thermischen Vorzüge eines Produktes sichtbar zu machen.

Historischer Rückblick

Nach aufsehenerregenden Erfolgsberichten von den Geräteherstellern und einigen begeisterten Anwendern über solche und viele ähnliche Einsatzfälle, die uns ab etwa Mitte der 60er Jahre aus den USA und Schweden erreichten und in denen erhebliche Schadensfälle durch zerstörungsfreie Prüfung an nicht ohne weiteres berührbaren Objekten bzw. Fehlerfrüherkennung und vorbeugende Inspektion vermieden werden konnten, wurde auch bei uns Anfang der 70er Jahre auf verschiedenen Tagungen und in Veröffentlichungen unter diesen Gesichtspunkten eine Bestandsaufnahme der seinerzeit vorhandenen gerätetechnischen Möglichkeiten und kosteneffektiven Applikationen durchgeführt. Die Bilanz fiel recht ernüchternd aus:

Viele interessante Ansätze aus vielen Branchen, zum Teil kuriose und keineswegs kosteneffektive Problem(chen)lösungen, praktisch keine vollständig ausgearbeitete Applikation eines drängenden Problems in irgendeiner Branche. Insgesamt stellte sich ein mit gerätetechnischen Unvollkommenheiten und horrenden Anschaffungskosten belastetes qualitatives Vergleichsverfahren vor. Nicht zufällig nimmt bei den seinerzeit publizierten Applikationsvorschlägen, die auch heute noch Gültigkeit haben, der Kampf des Autors mit der Gerätetechnik und den Tücken der ungewohnten Infrarot-Strahlungsphysik meist mehr als die Hälfte des Umfangs ein.

Fazit war, daß sich keine überzeugende kosteneffektive Applikation mit Masseneinsatz auf irgendeinem Gebiet abzeichnete. Daran hat sich (sieht man

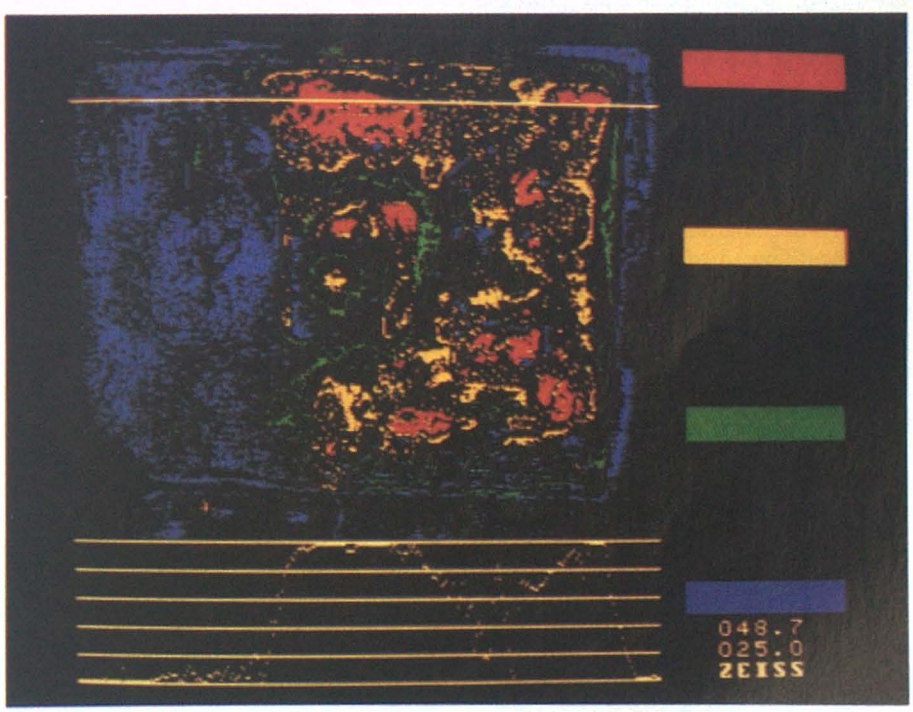


Bild 1. Das Thermogramm eines Einplatinenchassis, das im Betrieb bei geöffneter Rückwand aufgenommen wurde, gibt nur einen globalen Überblick über die Strahlungsverteilung, da eine Emissionsgradkorrektur weder mit einem homogenisierenden Lack noch rechnerisch vorgenommen wurde

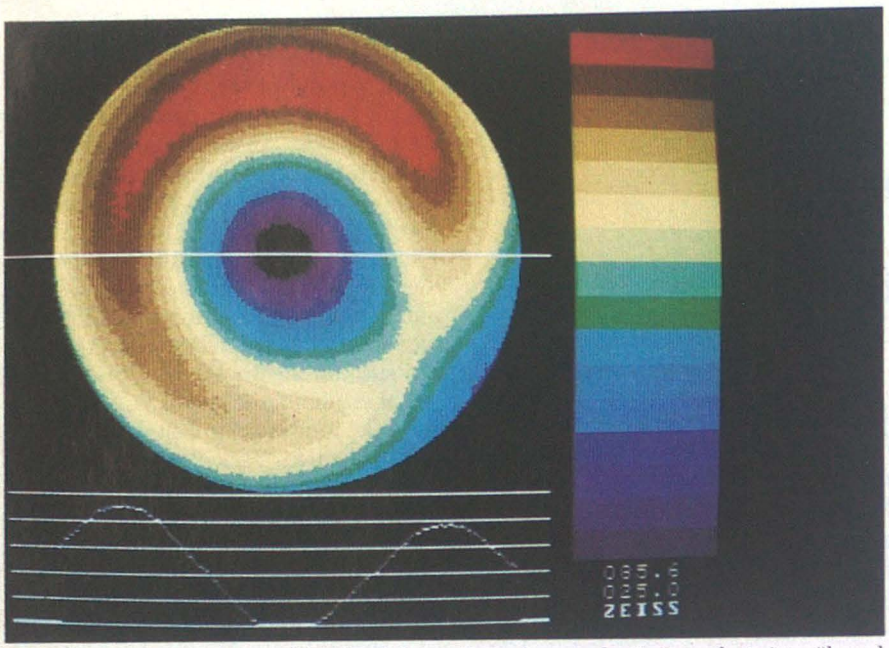


Bild 2. Die Aufnahme einer Elektroherdplatte, die vorher geschwärzt wurde, zeigt während der Aufheizphase starke Temperaturinhomogenitäten, die man so nicht erwartet hätte. Falls diese Heizplatte in einer Presse zur Herstellung irgendwelcher Produkte, z. B. Schallplatten, eingesetzt wäre, wären die Gründe für eine unzureichende Qualität offensichtlich und könnten gezielt beseitigt werden

von den an sich nicht-technischen Gebieten der Medizin und der Gebäudethermografie mit je ca. 100 eingesetzten Geräten sowie den wenigen Nischen für ingenieursmäßige thermografische Dienstleistungen, wie z. B. die Inspektion von Hochspannungs-Freileitungen, petrochemischen Anlagen sowie der Fachwerkkartierung ab) bis heute nichts geändert.

In der gesamten Elektronik-, Computer- und Elektrobranche einschließlich Fernseh-, Phono- und Haushaltsgeräteherstellung sind bis heute kaum mehr als 20 der stickstoffgekühlten kommerziellen Thermografiegeräte im Einsatz. Demgegenüber dürften die nur punktförmig messenden Infrarot-Strahlungsthermometer, deren Preise bei ca. 10 % der Thermografiegeräte liegen, in Stückzahlen von über 5000 im Einsatz sein. Es ist klar und wurde bereits 1968 beschrieben, daß sich mit schnellen Infrarot-Strahlungsthermometern durch sequentielle Abtastung, z. B. durch mechanisches Verfahren des Meßobjekts oder des Strahlungsthermometers mit Meßwertzwischenspeicherung, hochauflösende und relativ preiswerte Infrarot-Bildgeräte mit Bildaufbauzeiten im Minutenbereich realisieren lassen.

Über diesen Weg des maßgeschneiderten Eigenbaus von Infrarot-Meß- und Testplätzen zum „thermal mapping", insbesondere für die Bedürfnisse der Mikroelektronik, ist von Arbeitsgruppen aus allen großen Elektronikfirmen berichtet worden. Es ist also festzustellen, daß der Einsatz der Infrarot-Bildtechnik im weiteren Sinne in der Elektronik mit Sicherheit heutzutage verbreiteter ist, als die Einsatzzahlen der kommerziellen Geräte ausweisen. Durch neue verbesserte Infrarot-Thermometer sowie die vielseitig einsetzbaren preiswerten Tischrechner dürfte der Weg des Selbstbaus bei der allgemein angespannten Investitionslage in diesen Jahren trotz verbesserter kommerzieller Thermografiegeräte noch attraktiver geworden sein.

Von der Thermografie zur Thermogrammetrie

Im historisch kritischen Rückblick zeichnen sich für die geringe Akzeptanz der kommerziellen Thermografiegeräte viele Gründe ab. Hier die wichtigsten:

- schlechtes Preis-Leistungs-Verhältnis, völlig unzureichende Meßmöglichkeiten;
- meßtechnische Schwierigkeiten, zeitraubende manuelle Auswertung.

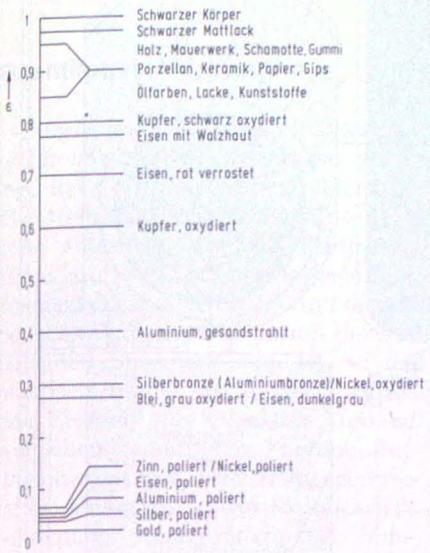
Anfangs der 70er Jahre betrugen die Anschaffungskosten für ein System mit der Grundausstattung (das war die normale und invertierte Graubilddarstellung, Fotodokumentation und ein Standardobjektiv) zwischen 150 000 DM und 200 000 DM. Das Gerät war voluminös, wog mehr als 45 kg und war höchst unzureichend drift- und umgebungstemperaturkompensiert.

Mit Geräten dieser Generation, deren Hersteller teilweise längst vom Markt verschwanden, sind viele der noch heute meinungsbildenden vergeblichen Applikationsuntersuchungen erstellt worden; zum Teil muß aber auch heute noch in Instituten, Institutionen und Firmen mit diesen Geräten gearbeitet werden. Inzwischen sind Wärmebildgeräte mit verbesserten Daten auf unter 10 kg abgemagert worden und mobil einsetzbar – das erklärt gerätetechnisch die stürmische Ausbreitung der Gebäudethermografie.

Aber auch die fortgeschrittenen Laborgeräte weisen heutzutage eine wesentlich verbesserte optische und thermische Auflösung, größere Meßbeständigkeit und Kalibrierfähigkeit, umfängliches Zubehör und Anschlußmöglichkeiten ggfs. über spezielle Interfaces an digitale Bildauswertesysteme auf. Seit Anfang 1980 unterliegen in Deutschland neu auf den Markt kommende Thermografiegeräte für den Einsatz in der Heilkunde – wie alle anderen medizinischen Strahlungsthermometer auch – der Eichpflicht durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Die Erfüllung dieser harten, aber nicht unerreichbaren Anforderungen der PTB hat von den Herstellern besondere Anstrengungen erfordert, die auch indirekt das Qualitätsniveau der nicht-medizinischen Thermografiegeräte deutlich angehoben haben.

Trotz dieser Auflagen hat sich das Preisniveau der Geräte nicht mehr erhöht. In einem Beschaffungspreis von ca. 200 000 DM ist heutzutage neben umfänglichem Zubehör bereits eine digitale Bildverarbeitung enthalten, so daß sich schon rein inflationsbedingt das Preis-Leistungs-Verhältnis nahezu halbiert hat, mit Berücksichtigung des erheblichen technischen Fortschritts kann mindestens noch eine weitere Halbierung angesetzt werden. Die heute kommerziell angebotenen Thermografiegeräte stellen technisch wie finanziell eine neue Leistungsklasse dar. Damit hat sich noch weitgehend unbemerkt ein bedeutender Schritt vorwärts vollzogen. Dieser Schritt ist analog dem Übergang von der Fotografie zur Photogrammetrie, deshalb kann der Übergang vom rein qualitativen Thermogramm zum quantitativen kalibrierten Temperaturbild als Schritt

Tabelle 1. Emissionsgrad einiger Materialien bei 10 µm



von der Thermografie zur Thermogrammetrie bezeichnet werden.

Bei einem Untersuchungsobjekt gegebener Temperatur hängt die spezifische Wärmestrahlung nicht nur vom Material, seiner Oberflächenbeschaffenheit und dem Beobachtungswinkel, sondern auch von der Wärme(stör)strahlung ab, insbesondere bei niedrigen Objekttemperaturen und niedrigen Emissionsgraden. Der Emissionsgrad ε guter elektrischer Leiter nimmt gesetzmäßig im Infrarot auf sehr geringe Werte ab (*Tabelle 1*); vergoldete Flächen sind deshalb nahezu ideale Spiegel für jede Wärme(stör)strahlung der Umgebung, die deshalb sehr genau mit berücksichtigt werden muß. Neben den bekannten Möglichkeiten, den Emissionsgrad durch Auftragung von gut emittierenden Schichten anzuheben, rückt durch die Bildverarbeitung seine Messung und Korrektur näher. Vorhandene Software erlaubt, Temperaturbildung nach bestimmten Kriterien, z. B. mittleren Temperaturen in bestimmten Bereichen, Unsymmetrien, Gradienten und vielen anderen Gesichtspunkten, aufzuarbeiten. Neben der Speicherung auf Bändern und Disketten zur Archivierung sind zusätzlich zum Belegfoto vom Monitor in 16 Farbstufen neuerdings auch Ausdrukke der Grauwerte auf Normalpapier möglich. Auch jetzt bleibt noch vieles zu verbessern, aber das bisher Erreichte braucht sich nicht zu verstecken im Vergleich mit anderen Meßtechniken.

Die Thermografie hat nach dem Sehen und Erkennen, dem subjektiven qualitativen und halbquantitativen Vergleichen jetzt auch endlich gelernt, was man als Meßtechniker längst fordern mußte: das objektive Messen. Konsequenterweise werden die Temperaturbildsysteme in die Neufassung der VDE/VDI-Richtlinie „Technische Temperaturmessung" als Meßinstrumente aufgenommen.

Bild 3. Computerausdruck des Normalthermogramms eines Kopfes in fünf Graustufen. Ein Pixel besteht aus vier Punkten, was einerseits die generalisierende fünfstufige Grauwertdarstellung ermöglicht und andererseits einen akzeptablen Kompromiß in der Detailerkennbarkeit – siehe Haarsträhnen und Brillenbügel – darstellt

Stammbaum infrarot-optischer Geräte

Das zunehmend breiter und vielseitiger werdende Angebot läßt sich wie in *Tabelle 2* systematisieren. Den drei Zweigen (Infrarot-Kameras – Infrarot-Strahlungssichtgeräte – Infrarot-Strahlungsmeßgeräte) lassen die Einsatzfälle Sehen/Erkennen – Vergleichen – Messen jeweils als höchste Qualifikationsstufe zuordnen. Auf die pyroelektrischen Kameras sowie die Wärmebildgeräte soll hier, obwohl ihre Typenvielfalt und der Einsatz in vielen Industriezweigen deutlich zunimmt, nicht weiter eingegangen werden. Bei den Strahlungsmeßgeräten kann natürlich durch mechanische Bewegung eines Strahlungsthermometers in zwei Achsen sowie eines Linescanners in einer Achse relativ zum Untersuchungsobjekt ein bilderzeugendes System erhalten werden. Davon wurde und wird nicht nur in der Elektronik Gebrauch gemacht, sondern auch insbesondere bei Anwendungen des Linescanners, z. B. bei Befliegungen, bei der Abtastung von sich bewegenden Bahnen in der Kunststoff- und Papierindustrie, sowie bei der Darstellung rotierender Objekte, wie z. B. bei Walzen und Drehrohröfen. Andererseits besitzen die meisten Bildsysteme heute bereits eingebaut die Funktion „Linescan", d. h. die Darstellungsmöglichkeit einer

Bild 4. Computerausdruck des Normalthermogramms eines anderen Kopfes (wieder in fünf Graustufen), nachdem auf das Thermogramm im Rechner der Sobel-Operator angewendet wurde. Der Sobel-Operator ordnet jedem Bildpunkt einen quadratischen, gewichteten Mittelwert aus den Werten seiner acht Nachbarn zu. Dadurch werden positive und negative Gradienten, insbesondere die steilen unabhängig von den jeweiligen Absolutwerten hervorgehoben. Diese Konturierung unterscheidet sich von der normalen Isotherme, die auf einen festen Absolutwert bezogen ist. Der Sobel-Operator ist, wie der Vergleich mit Bild 3 zeigt, ein wirksames Mittel zur Mustererkennung, hier zur Herausarbeitung der Kopfkontur

Bild 5. Das Thermografiegerät Ikotherm kann an die Erfordernisse des Benutzers angepaßt werden; hier die Grundausführung

frei wählbaren Bildzeile oder -spalte als Temperaturkurve.

Das heutige Thermografie-Geräteangebot

Die marktgängigen Thermografiegeräte lassen sich anhand ihrer wichtigsten Kenndaten systematisieren (*Tabelle 3*); für weitere technische Einzelheiten sei auf die Prospektangaben der Hersteller verwiesen. Bereits die übergeordnete Einteilung in langsam und schnell abtastende Bildsysteme soll deutlich machen, daß sich unter dem Oberbegriff „Thermografiegeräte" Systeme mit grundlegend unterschiedlichen Eigenschaften, die ihre Einsatzmöglichkeiten bestimmen, befinden.

Einerseits gibt es die schnell abtastenden Systeme („Thermovision") mit Teilbildbauzeiten von 1/25 s, also mit einer Teilbildwiederholfrequenz, der das menschliche Auge nicht mehr zu folgen vermag, so daß die bei sequentieller Abtastung für den Eindruck eines Bildes erforderliche Zwischenspeicherung im Auge des Betrachters erfolgt. Sie sind hauptsächlich zum „real-time-Sehen", zum Vergleichen und zum Messen schnell veränderlicher Vorgänge geeignet.

Andererseits die langsam abtastenden Systeme („Thermografie") mit Bildaufbauzeiten von 1 s und mehr, deren Bild bei direkter Beobachtung auf einem Monitor für den Betrachter nur schlecht erkennbar ist, so daß es zur Sichtbarmachung zumindest mit einem Sofortfilm aufintegriert oder für anspruchsvollere Analysen in einem Zwischenspeicher (analog oder digital)

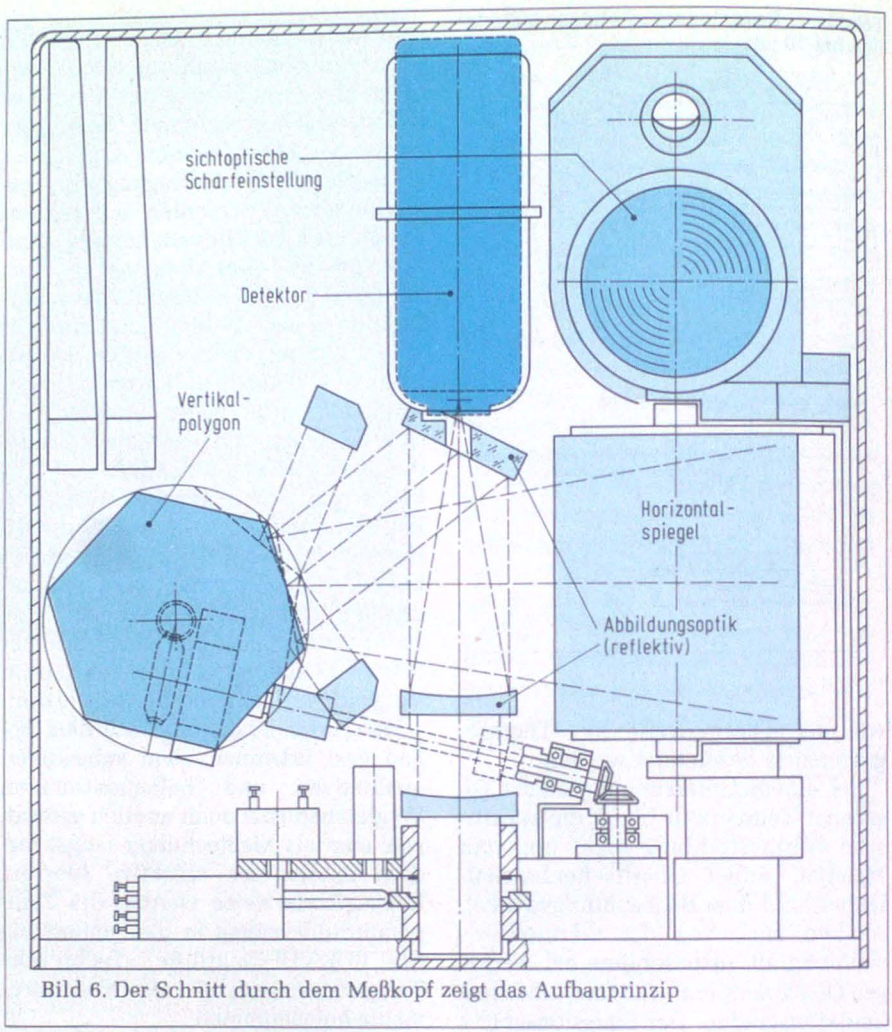


Bild 6. Der Schnitt durch dem Meßkopf zeigt das Aufbauprinzip

Tabelle 2. Stammbaum der infrarot-optischen Geräte

Infrarot-Kameras: Abbildung auf infrarotempfindlichen Schichten mit einem nachfolgenden Signalverarbeitungsprozeß wie Entwickeln oder elektrisches Abtasten

Kamera
mit infrarotempfindlichen Filmen

Fernsehkamera
mit pyroelektrischem Vidicon

Infrarot-Strahlungssichtgeräte: abtastende Geräte zur Spektraltransformation in den sichtbaren Bereich unter Verwendung von Einzeldetektoren und/oder Detektorarrays

Wärmeortungsgeräte
Anzeige der Strahldichte entlang einer geometrischen Linie

Wärmebildgeräte
Anzeige der Strahldichte über einer geometrischen Fläche

Infrarot-Strahlungsmeßgeräte: abtastende Geräte zur berührungslosen Temperaturmessung unter Verwendung von Einzeldetektoren und elektronischen Auswerteeinheiten

Strahlungsthermometer
Anzeige der Temperatur als Funktion der Zeit für einen definierten Meßfleck

Linescanner
Aufzeichnung der Temperatur entlang einer geometrischen Linie während einer definierten Zeitspanne (Abtastzeit)

Thermografiegeräte
Aufzeichnung der Temperatur über einer geometrischen Fläche während einer definierten Bildaufbauzeit

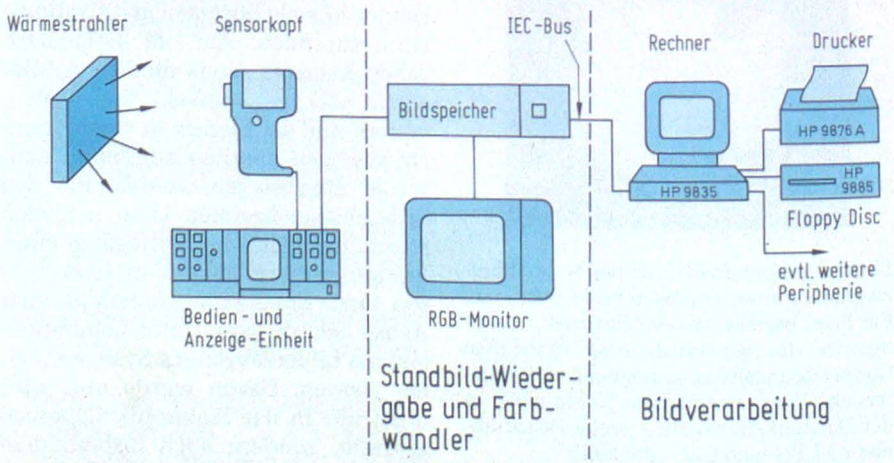


Bild 7. Die Konfiguration des Gesamtsystems. Über den IEC-Bus kann die Verbindung zu anderen peripheren Geräten hergestellt werden

abgelegt und als Standbild wiedergegeben werden muß.

Quantitative Messungen

Langsame Systeme sind insbesondere für quantitative Messungen ausgelegt. Bei 1 s Bildaufbauzeit stehen für die strahlungsthermometrische Messung eines der 100 000 Bildpunkte 10 ms zur Verfügung, was gegen die Anstiegszeit des Detektors und die statistische Photonenfluktuation der einfallenden Strahlung lang ist, so daß praktisch immer im eingeschwungenen Zustand des Detektors und bei weitgehend gemittelter Photonenfluktuation gemessen wird. Demgegenüber ist bei einem mit 25 Hz Teilbildwechselfrequenz insbesondere bei hoher Zeilenzahl die pro Bildpunkt zur Verfügung stehende Meßzeit fast eine Größenordnung kleiner, so daß bereits deutlich Trägheitseffekte des Detektors wie auch die statistische Photonenfluktuation der Strahlung bemerkbar sind. Das Auge und insbesondere natürlich der Film mitteln über diese Schwankungen im Monitorbild, so daß sie sich beim Einsatz als Sichtgeräte und bei Fotodokumentation nicht störend bemerkbar machen. Wird allerdings nach einer Digitalisierung mit 6 Bit oder 8 Bit im Rechner eine Differenzbildung vorgenommen, z. B. bei der Subtraktion des Hintergrundes, kann es ohne weitere Maßnahmen (z. B. vorherige Integration mehrerer Bilder) störend wirken.

Die Frage objektiver Leistungskriterien

Wenn ein potentieller Anwender einen Leistungsvergleich der aufgeführten Systeme mit unterschiedlicher Auslegung der Infrarotoptik (reflektivrefraktiv) sowie Detektoren mit einer um den Faktor 20 unterschiedlichen Detektivität in den Spektralbereichen bei 5 µm bzw. 10 µm („Kurzwellen- bzw. Langwellendetektor") und einer um den Faktor 50 unterschiedlichen Abtastgeschwindigkeit (fastscan-slowscan) machen will, sind die Prospektangaben der Hersteller leider oft nicht ausreichend. Zusätzlich können Leistungsvergleiche unter Teilaspekten irreführend sein. Auch die am Videosignal gemessene Transferfunktion bei einem dem Sensor angebotenen thermischen Strichmuster veränderlicher Breite sagt nicht alles über die Eignung eines komplexen Systems mit Bildverarbeitung für eine bestimmte Meßaufgabe. Jedes Thermografiegerät stellt in der Auslegung einen Kompromiß dar, hinter dem ursprünglich eine bestimmte Philosophie der Entwickler stand, die aber von dem Gesamtsystem überlagert und verfremdet sein kann und sich keineswegs zwanglos in das aktuelle Meßproblem einfügen läßt. Es ist deshalb zu raten, auf einer ausführlichen Demonstration eines in Betracht gezogenen Thermografiesystems am eigenen Meßproblem zu bestehen.

Ein Beispiel

Das von Zeiss mit Förderung des BMFT für die Medizin entwickelte Ikotherm ist das jüngste der in der Tabelle 3 aufgeführten Thermografiegeräte. Nach über zweijähriger praktischer Erprobung der Vorserie wird es jetzt in einer modifizierten Version für Forschung und Technik eingeführt. *Bild 5* zeigt eine Ansicht des Geräts in der Grundversion. Der Schnitt durch den

Tabelle 3. Einteilung der Thermografiegeräte

Klassifizierung	schnell abtastende Systeme (fast scan)		langsam abtastende Systeme (slow scan)		
Gerätetyp	Thermovision 782/0	Thermo-Television 525	UTI 800/900	Thermograph	Ikotherm T
Hersteller	Pharos-Gruppe/Schweden	Inframetrics/USA	Spectrotherm/USA	Philips	Zeiss
Vertrieb	AGA-Optronik GmbH, Oberursel	Infratek GmbH, Köln	Atomika GmbH, München	C. F. Müller, Hamburg	Dr. Specht, Taunusstein
Geräte i. Einsatz (Bundesrepublik Ende 1981)	ca. 50 (ohne Medizin und Gebäude)	ca. 20 (ohne Medizin)	ca. 15	ca. 35 (nur Medizin)	5 (Vorserie)
Bildaufbauzeit	1/25 s	1/30 s (1/25 s)	2 s	1 s	1 s
Teilbilder/Bild	4 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 1
Zeilen/Spalten pro Teilbild	70 analog Z 64 digital	215 analog Z (215 digital)	600 analog Z (512 digital)	– 312	300 analog S 256 digital
Bildelemente pro Zeile/Spalte	>100 analog Z 112 digital	>170 analog ? digital	>500 analog (512 digital)	– 240	300 analog 256 digital
Bildfeld b × h /°	20 × 20, Wechseloptik	18 × 14, Wechseloptik	30 × 30	17 × 14	17 × 17
opt. Auflösung (Standardoptik)	3,4 mrad*)	1,8 mrad*)	1,1 mrad*)	1,1 mrad*)	1,0 mrad*)
Temperatur-Auflösung bei °C	0,1 bei 30	0,2 bei 20	0,2 bei ?	>0,08 bei 30	0,1 bei 30
Temp.-Referenz	Gehäusewandung	Chopper	eingeb. Strahler	eingeb. Strahler	eingeb. Strahler
Zwischenspeicher	entfällt	entfällt	analog (512 × 512 × 4)	312 × 240 × 6	256 × 256 × 8
Ausgänge	AGA-Video –	Norm-TV 6 Bit (8 Bit)	Norm-TV (4 Bit)	RGB-Normsign. 6 Bit	RGB-Normsign. 8-Bit-IEC-Bus
Peripherie angeboten	nicht marktkompatibel OSCAR/Pericolor	marktkompatibel IBAS, MAS	marktkompatibel ?	(marktkompat.) ?	marktkompat. hp 9845

Die Angaben sind nach Prospektangaben der Hersteller zusammengestellt, eingeklammerte Daten bezeichnen Optionen. Die Einsatzzahlen beruhen auf Schätzungen des Autors.

*) 1 mrad Öffnungswinkel entspricht einem Meßfleckdurchmesser von 1 mm bei 1 m Meßabstand und ist gleichbedeutend mit einem Distanzverhältnis – der bei Strahlungsthermometern gebräuchlichen Angabe – von 1000.

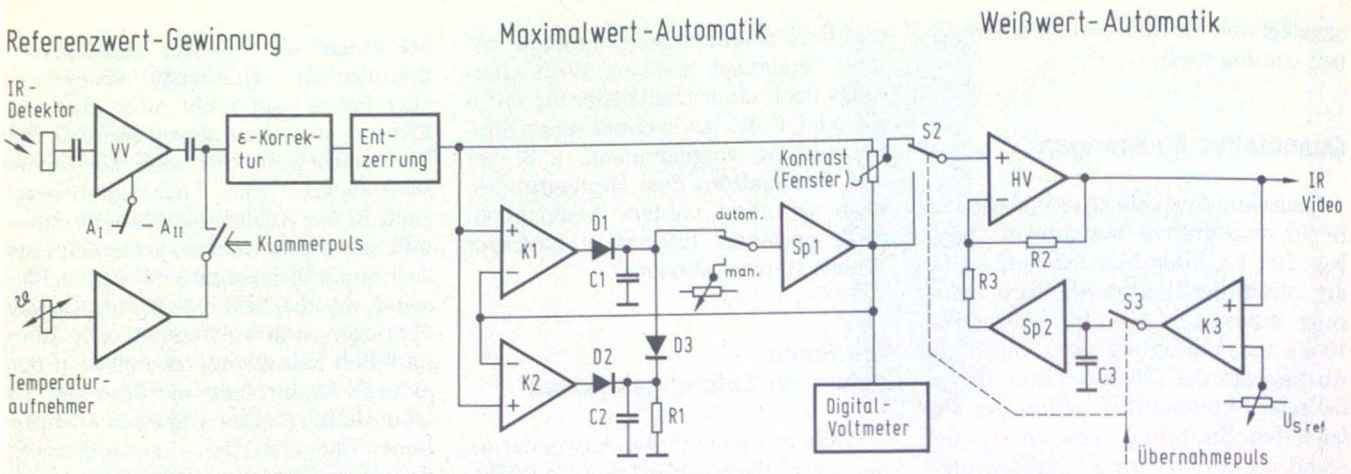


Bild 8. Die Signalverarbeitung mit der automatischen Höchstwertklammerung (hier im Prinzip dargestellt) stellt sicher, daß die höchste Szenentemperatur, auch wenn sie nur an einem Punkt vorkommt, sicher erfaßt und digital angezeigt wird

Meßkopf in *Bild 6* zeigt den Aufbau der rein reflektiven Optik mit eingebauter Referenz und Hilfssystemen. Die bei einem Slowscan-System immer etwas schwierige Fokussierung der Infrarotoptik auf das Untersuchungsobjekt ist hier über ein sichtoptisches Hilfssystem gelöst, das bei Scharfstellung die Infrarotoptik zwangsweise nachführt. Die Konfiguration des Gesamtsystems ist in *Bild 7* dargestellt. Über den IEC-Bus kann auch andere bereits vorhandene oder zusätzliche Peripherie angeschlossen werden. Die Farbthermogramme (Bilder 1 und 2) sind mit dem Bildspeicher aufgenommen und vom Bildschirm des Farb-Monitors abfotografiert worden.

Abweichend von der „physikalischen" Farbskala, bei der steigende Temperatur durch die Abfolge von Rot nach Blau und Weiß dargestellt wird, wird hier eine „physiologische " Farbskala benutzt, die bei Lila und Blau beginnt und bei Rot endet. Die Farbfolge der Skala ist darüber hinaus beliebig zu verändern. Die Helligkeitsschwankungen der einzelnen Farben resultieren aus unterschiedlicher Filmempfindlichkeit.

Neben der vollen Farbskala kann auf vier markante Farbisothermen für eine generalisierende Darstellung umgeschaltet werden, wobei zu beachten ist, daß dann Schwarz mehrdeutig ist und durch die umschließenden Farben definiert werden muß. Das Ikotherm T ist mit einer automatischen Höchstwertklammerung (*Bild 8*) ausgestattet, die sicherstellt, daß die höchste Szenentemperatur, auch wenn sie nur an einem Punkt vorkommt und so beim Durchfahren mit Isothermen, aber auch bei der Farbdarstellung leicht übersehen werden könnte, sicher erfaßt und digital angezeigt wird. Allein durch dieses Hilfsmittel ist z. B. bei Aufheiz- und Abkühlungsvorgängen von Objekten die Differenzen der jeweiligen Höchsttemperaturen mit bislang unerreichbarer Genauigkeit einfach zu ermitteln. Das gilt auch für die Bestimmung des Emissionsgrads einer Probe mit dem Thermografiegerät selbst.

Anwendungsmöglichkeiten

Eine Zusammenstellung der bisher realisierten Anwendungsmöglichkeiten der Thermografie in der Elektronik, die einigermaßen vollständig und repräsentativ wäre, kann hier nicht gegeben werden. In der Literatur finden sich seit Jahren praktisch immer wieder dieselben Einzelbeispiele, die auch hier bereits eingangs genannt wurden und die auf der Hand liegen, wenn man die gegebenen gerätetechnischen Möglichkeiten betrachtet: Aufnahme und Vergleich flächiger Temperaturverteilungen, die sonst aus Gründen der Nichtberührbarkeit der Objekte (z. B. infolge Hochspannung, Vakuum, Hitze, Entfernung usw.) unterbleiben müßten, deren Änderung zu schnell für einzelne strahlungs- oder kontaktthermometrische Messungen verläuft oder deren Ermittlung einfach zu mühsam oder zeitaufwendig wäre.

Aus optischen Gründen ist die untere Detailerkennbarkeitsgrenze auf Strukturen von etwa der zwei- bis dreifachen Wellenlänge begrenzt, das sind ca. 15...30 µm. Thermische Effekte an speziellen Thyristoren konnten thermografisch untersucht und optimiert werden; in der heutigen Höchstintegrationstechnik sind nur jeweils größere Bereiche gemeinsam zu erkennen. Es ist zu beachten, daß Halbleiter im Infrarotbereich weitgehend transparent sind, was z. B. eine optische Qualitätsprüfung für große Germanium-Stücke einfach möglich macht. Viele ungefüllte Kunststoffe sind ebenfalls in weiten Bereichen des Infrarot transparent. Interessant ist, daß sich manche Vorgänge, z. B. die Rißbildung bei der zerstörenden Prüfung, aber auch die Vorgeschichte eines elektrischen Durchschlags, thermisch bereits abzeichnen, bevor optisch etwas zu erkennen ist. Auch dielektrische Verluste, z. B. in Kunststoff-Isolatoren, sind thermografisch erkennbar. Die thermische Wirkung von Kriech- und Kurzschlußströmen läßt sich ebenfalls in manchen Fällen sichtbar machen, z. B. bei der Prüfung von Ständern großer Generatoren. Neben diesen thermischen Effekten, die sich sozusagen „von selbst" einstellen, können gezielt Wärmeflüsse in ein Untersuchungsobjekt eingebracht werden, das durch das mehr oder weniger gestörte Gradientenmuster auf Fehler geprüft werden kann. Hierzu sind eine Vielzahl von Wärmequellen bis hin zu Leistungslasern eingesetzt worden. Trotz der für den einzelnen bereits unübersehbaren Vielzahl möglicher Einsatzfälle dürfte die Thermogrammetrie auch heute noch fast am Anfang stehen.

Der Autor dankt folgenden Personen für freundliche Unterstützung: Dr. Kürbitz/Zeiss, Dr. Siegle/Blaupunkt, Dr. Engel/Landesrheumaklinik, Baden-Baden.

Stichworte zum Inhalt

Thermografie, Temperaturverteilung, zerstörungsfreie Prüfung, Infrarot-Strahlungsthermometer, Thermogrammetrie, pyroelektrische Kamera, Photonenfluktuation, Gebäudethermografie.

Rudolf Schindlmeier

Schaltungs-optimierung mit dem TI 59

Beim Schaltungsentwurf stellt sich oft die Frage, welche Werte die Bauelemente haben müssen, damit bestimmte Kriterien (z. B. Reflexionsfaktor, maximale Leistung etc.) optimal erfüllt werden. Mathematisch ist dies die Suche nach dem globalen Minimum bzw. Maximum im n-dimensionalen Raum, wobei n die Anzahl der zu optimierenden Bauelemente ist. Mit dem vorliegenden Programm lassen sich bis zu neun Bauelementewerte nach dem direkten Koordinatensuchverfahren optimieren.

Das vorliegende Programm verhält sich wie eine Kugel in einem Gebirge. Die Kugel rollt vom Startpunkt bis zum lokalen Tiefpunkt des Gebirges (*Bild 1*). Den tieferen Punkt rechts im Bild (globales Minimum) kann die Kugel nicht erreichen, da sie dazu erst einen Berg (lokales Maximum) überwinden müßte. Um das globale Minimum zu finden, muß man von verschiedenen Startpunkten aus optimieren. Mit etwas Erfahrung kann man jedoch gleich einen günstigen Startpunkt wählen.

Das Programm ändert bei jedem Optimierungsschritt dasjenige Bauelement, das die größte Verbesserung zur Folge hat. Das Programm bricht die Optimierung ab, wenn

- die Änderung der Bauelemente kleiner als 10^{-4} wird;
- bei sechs aufeinanderfolgenden Schritten kein Bauteil optimiert wurde;
- die maximale Optimierungsschrittzahl (99) überschritten wird;
- eine Fehlerbedingung auftritt (z. B. Division durch 0).

Eine Besonderheit dieses Programms ist, daß die Werte der Bauelemente normiert ein- bzw. ausgegeben werden. Für die Eingabe müssen alle zu optimierenden Werte die gleiche Größenordnung haben und um 1 herum liegen. Dies erreicht man durch geeignete Wahl von Bezugsgrößen.

$$R_{Norm} = \frac{R}{R_{Bezug}}$$

$$f_{Norm} = \frac{f}{f_{Bezug}}$$

$R = 150\ \Omega$
$R_{Bezug} = 50\ \Omega$
$R_{Norm} = 3$

Durch die Festlegung des Bezugswiderstandes R_{Bezug} und der Bezugsfrequenz f_{Bezug} liegen auch die Bezugskapazität und die Bezugsinduktivität fest.

$$C_{Norm} = \frac{C}{C_{Bezug}}$$

$$L_{Norm} = \frac{L}{L_{Bezug}}$$

$$C_{Bezug} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{Bezug} \cdot R_{Bezug}};$$

$$L_{Bezug} = \frac{R_{Bezug}}{2 \cdot \pi \cdot f_{Bezug}};$$

Die normierte Kreisfrequenz ω_{Norm} ergibt sich aus:

$$\omega_{Norm} = \frac{\omega}{\omega_{Bezug}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{2 \cdot \pi \cdot f_{Bezug}}$$

$$= \frac{f}{f_{Bezug}} = f_{Norm}$$

Vor der Optimierung muß noch ein geeignetes Optimierungskriterium gefunden weden (z. B. Reflexionsfaktor).

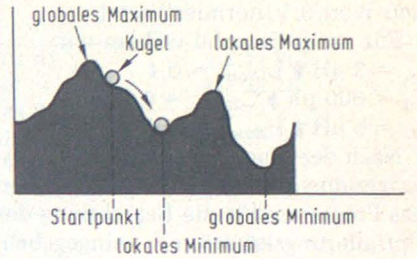


Bild 1: Modell für den Ablauf des Programms im Rechner (Erläuterungen im Text)

Beispiel für eine optimierte Anpassung

Als Beispiel für eine Optimierung soll eine R/C-Parallelschaltung von 150 Ω und 500 pF mittels eines L-C-L-Anpassungsgliedes an einen Generatorwiderstand von 50 Ω im Bereich von 1 MHz bis 3 MHz möglichst reflexionsarm angepaßt werden (*Bild 2*).

Als Bezugswiderstand sollen 50 Ω, als Bezugsfrequenz 1 MHz gewählt werden. Daraus ergibt sich eine Bezugskapazität von 3,183 nF und eine Bezugsinduktivität von 7,958 µH.

Als Optimierungskriterium dient der Reflexionsfaktor

$$\underline{r} = \frac{\underline{Z} - \underline{Z}_0}{\underline{Z} + \underline{Z}_0}$$

Da $\underline{Z}_0$ im vorliegenden Fall reell und der normierte Wert von $\underline{Z}_0 = 1$ ist, vereinfacht sich die Formel zu:

$$|\underline{r}| = \left| \frac{\underline{Z} - 1}{\underline{Z} + 1} \right|$$

$$= \sqrt{\frac{(\mathrm{Re}\ \{\underline{Z}\}-1)^2 + \mathrm{Im}\ \{\underline{Z}\}^2}{(\mathrm{Re}\ \{\underline{Z}\}+1)^2 + \mathrm{Im}\ \{\underline{Z}\}^2}}$$

Da im Frequenzbereich von 1 MHz bis 3 MHz angepaßt werden soll, soll das Programm die Frequenz in Schritten von 500 kHz erhöhen und jeweils den Reflexionsfaktor bestimmen. Diese Reflexionsfaktoren werden quadratisch addiert und die Summe als eigentliches Optimierungskriterium benutzt.

Richtige Wahl des Startpunktes

Die Wahl des Startpunktes ist, wie bereits erwähnt, von großer Bedeutung. Mit etwas Erfahrung kann man ihn leicht finden. Wem diese Erfahrung fehlt, kann sich damit behelfen,

daß er als Startpunkt für alle Bauteile den Wert 0,5 (normiert) setzt.

Für unser Beispiel wählen wir:

$L_1 = 3\ \mu H \Rightarrow L_{1Norm} \approx 0{,}4$

$C_2 = 800\ pF \Rightarrow C_{2Norm} \approx 0{,}25$

$L_3 = 6\ \mu H \Rightarrow L_{3Norm} \approx 0{,}7$

Nach der Eingabe des Optimierungsprogramms (Schritte 000 bis 239) wird das Programm für die Berechnung des Optimierungskriteriums eingegeben, beginnend bei Schritt 240 (muß mit „RTN" abgeschlossen werden).

Danach erfolgt die Eingabe der Anzahl der zu optimierenden Bauelemente mittels Taste A, anschließend werden die Werte der zu optimierenden Bauelemente mit der Taste B eingegeben. Ein falsch eingegebenes Bauteil läßt sich durch erneute Eingabe über B' korrigieren. Es folgen dann die Werte, die für die Bestimmung des Optimierungskriteriums notwendig sind. Mit der Taste E wird die Optimierung gestartet. In der Anzeige erscheinen nach jedem Schritt kurz der Optimierungsschritt selbst, das optimierte Bauteil und die Richtung der Optimierung, z. B.:

Anzeige 1.2
lies: 1. Optimierungsschritt, Bauteil 2 wurde *vergrößert*
Anzeige 2.3
lies: 2. Optimierungsschritt, Bauteil 3 wurde *verkleinert*
Anzeige 3.0
lies: 3. Optimierungsschritt, kein Bauteil wurde geändert

Am Ende der Optimierung erscheint die Optimierungsschrittzahl in der Anzeige. Nach Drücken der Taste R/S erscheint kurz eine 1 und danach der normierte Wert des Bauteils 1. Durch erneutes Drücken von R/S erscheint kurz eine 2 und danach der Wert des Bauteils 2 usw.

Wird vor dem Drücken der Taste E das Flag 0 gesetzt, so springt das Programm am Ende der Optimierung zum Label „PRT". Unter diesem Label kann man ein eigenes Ausgabeprogramm programmieren (z. B. Ausgabe über Drucker).

Wer die einzelnen Optimierungsschritte ausgedruckt haben will, muß den „Pause"-Befehl bei Schritt 148 durch einen „PRT"-Befehl ersetzen.

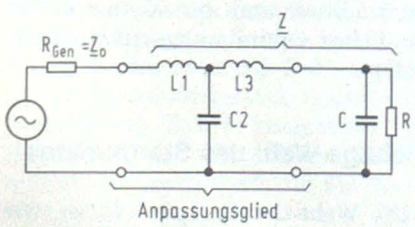


Bild 2. Konkretes Beispiel für die Anpassung eines RC-Gliedes (rechts) an einen Generator-Innenwiderstand mit einem Anpassungsglied

Eingabe des Anpassungsbeispiels in den Rechner

Nachdem das Optimierungsprogramm und das Unterprogramm zur Bestimmung der Reflexionsfaktor-Quadratsumme eingelesen sind, werden nebenstehende Werte eingegeben:

	Eingabe	Befehl	Anzeige
Anzahl der Bauelemente	3	A	1
Bauteil 1	0,4	B	2
Bauteil 2	0,25	B	3
Bauteil 3	0,7	B	4
Widerstand R_{Norm}	3	C'	.333...
Kapazität C_{Norm}	0,157	C	0,157
Anfangsfrequenz	1	D	0
Schrittweite der Frequenz	0,5	D	0
Endfrequenz	3	D	0
Optimierung	–	E	

Programmlisting „Schaltungsoptimierung mit dem TI 59"

000 22 INV	048 42 STO	096 74 SM*	144 22 INV	192 01 1
001 58 FIX	049 10 10	097 15 15	145 52 EE	193 94 +/–
002 87 IFF	050 52 EE	098 71 SBR	146 42 STO	194 65 x
003 00 0	051 71 SBR	099 02 2	147 19 19	195 32 x↓t
004 99 PRT	052 02 2	100 40 40	148 66 PAU	196 32 x↓t
005 92 RTN	053 40 40	101 52 EE	149 43 RCL	197 01 1
006 01 1	054 52 EE	102 32 x↓t	150 16 16	198 95 =
007 44 SUM	055 42 STO	103 43 RCL	151 32 x↓t	199 42 STO
008 18 18	056 11 11	104 10 10	152 00 0	200 12 12
009 43 RCL	057 09 9	105 74 SM*	153 67 EQ	201 32 x↓t
010 18 18	058 09 9	106 15 15	154 02 2	202 42 STO
011 66 PAU	059 42 STO	107 43 RCL	155 11 11	203 11 11
012 73 RC*	060 00 00	108 11 11	156 43 RCL	204 43 RCL
013 18 18	061 00 0	109 32 x↓t	157 12 12	205 15 15
014 58 FIX	062 42 STO	110 22 INV	158 65 x	206 42 STO
015 05 5	063 16 16	111 77 GE	159 43 RCL	207 16 16
016 52 EE	064 01 1	112 01 1	160 10 10	208 61 GTO
017 22 INV	065 42 STO	113 91 91	161 95 =	209 01 1
018 52 EE	066 15 15	114 01 1	162 74 SM*	210 14 14
019 81 RST	067 42 STO	115 44 SUM	163 16 16	211 09 9
020 76 LBL	068 12 12	116 15 15	164 43 RCL	212 32 x↓t
021 11 A	069 58 FIX	117 43 RCL	165 14 14	213 43 RCL
022 47 CMS	070 05 5	118 15 15	166 32 x↓t	214 13 13
023 42 STO	071 52 EE	119 32 x↓t	167 01 1	215 77 GE
024 17 17	072 43 RCL	120 43 RCL	168 44 SUM	216 01 1
025 69 OP	073 10 10	121 17 17	169 14 14	217 83 83
026 20 20	074 74 SM*	122 77 GE	170 00 0	218 02 2
027 01 1	075 15 15	123 00 0	171 42 STO	219 22 INV
028 92 RTN	076 71 SBR	124 72 72	172 13 13	220 49 PRD
029 76 LBL	077 02 2	125 01 1	173 77 GE	221 10 10
030 17 B'	078 40 40	126 00 0	174 01 1	222 44 SUM
031 69 OP	079 52 EE	127 00 0	175 79 79	223 13 13
032 30 30	080 32 x↓t	128 75 –	176 02 2	224 00 0
033 76 LBL	081 43 RCL	129 43 RCL	177 49 PRD	225 42 STO
034 12 B	082 10 10	130 00 00	178 10 10	226 14 14
035 72 ST*	083 22 INV	131 85 +	179 97 DSZ	227 43 RCL
036 00 00	084 74 SM*	132 43 RCL	180 00 0	228 10 10
037 69 OP	085 15 15	133 16 16	181 00 0	229 32 x↓t
038 20 20	086 43 RCL	134 55 ÷	182 61 61	230 93 •
039 43 RCL	087 11 11	135 01 1	183 43 RCL	231 00 0
040 00 00	088 32 x↓t	136 00 0	184 19 19	232 01 1
041 92 RTN	089 22 INV	137 95 =	185 59 INT	233 33 X^2
042 76 LBL	090 77 GE	138 65 x	186 50 |X|	234 77 GE
043 15 E	091 01 1	139 43 RCL	187 61 GTO	235 01 1
044 86 STF	092 96 96	140 12 12	188 00 0	236 83 83
045 08 8	093 43 RCL	141 95 =	189 00 00	237 61 GTO
046 08 8	094 10 10	142 58 FIX	190 00 0	238 01 1
047 35 1/x	095 22 INV	143 01 1	191 32 x↓t	239 79 79

Nach ca. vier Minuten erscheint in der Anzeige kurz 1.3: Es wurde also Bauteil 3 verändert. Für dieses Beispiel benötigt das Programm 34 Optimierungsschritte (Rechenzeit ca. 1 Stunde 45 Minuten). In der Anzeige steht am Schluß 34. Nach Drücken der Taste R/S wird der Wert von L_{1Norm} = 0.49082 ausgegeben. Erneutes Drücken von R/S führt zur Ausgabe von C_{2Norm} = 0.32056. Durch nochmaliges Drücken von R/S wird L_{3Norm} = 0.98174 ausgegeben. Nach der Entnormierung ergeben sich die Werte des L-C-L-Gliedes:

L_1 = 3,9 µH, C_2 = 1 nF, L_3 = 7,8 µH.

Einige Bemerkungen zum Programm

Eigentlich ist dieses Programm für den TI 59 eine Nummer zu groß, da der Rechner nicht gerade zu den schnellen gehört. Würde man z. B. die Frequenz im vorgestellten Beispiel in Schritten von 100 kHz ändern (das führt zu einer besseren Optimierung), dann würde die Rechenzeit pro Optimierungsschritt ca. 14 Minuten betragen – was zu einer Gesamtrechenzeit von etwa 9 Stunden 20 Minuten (bei 44 Optimierungsschritten) führt.

Es ist deshalb unbedingt erforderlich, den Rechner am Netzladegerät zu betreiben.

Die Werte der zu optimierenden Bauteile stehen in den Speichern 01 bis 09, wobei die Nummer des Speichers auch die Nummer des Bauteils ist. Insgesamt belegt das Optimierungsprogramm (ohne das Unterprogramm zur Bestimmung des Optimierungskriteriums) die Speicher 00 bis einschließlich 19.

Vor jeder Optimierung muß zuerst die Anzahl der zu optimierenden Bauteile eingegeben werden, da dadurch alle Speicher gelöscht werden und somit ein definierter Ausgangspunkt geschaffen wird.

Wer mehr als 9 Bauteile optimieren will, muß hierzu nur die Speicherplätze ab Speicher 10 entsprechend verschieben. Allerdings ist dies wegen der langen Rechenzeit nicht zu empfehlen. Ebenfalls wegen der Rechenzeit sollte bei der Erstellung des Unterprogramms für das Optimierungskriterium auf minimalen Aufwand geachtet werden, da dieses Unterprogramm während der Optimierung einige hundertmal durchlaufen werden kann. Auch sollte auf die Verwendung von Labels verzichtet werden, da Labels immer ab Schritt 000 gesucht werden, während bei direkter Adressierung der Sprung direkt zum neuen Programmschritt erfolgt.

Soll bei der Optimierung anstatt auf das Minimum auf das Maximum optimiert werden, so muß der Kehrwert des Optimierungskriteriums verwendet werden.

Wegen der langen Rechenzeit empfiehlt sich die akustische Kontrolle der Anzeige mit einem LW-Empfänger, wie sie in der FUNKSCHAU Heft 14/1980, Seite 6, von Jürgen Hobbie beschrieben wurde.

Um in allen Bereichen fehlerfreie Optimierungen zu bekommen, müssen im vorliegenden Programm die folgenden Operationen berücksichtigt werden:

GTO 050	GTO 071	GTO 124
LRN	LRN	LRN
INS	INS	STO
EE	EE	IND
SST	LRN	LRN
SST	GTO 088	GTO 182
SST	LRN	LRN
INS	DEL	GTO
EE	DEL	LRN
LRN	DEL	
	LRN	

Stichworte zum Inhalt

Optimierungskriterien, Wahl des Programmstartpunktes, Programmschrittzahl, Ablaufzeit.

Programmlisting für das Unterprogramm zur Berechnung der Reflexionsfaktorquadratsumme

240 00 0	274 43 RCL	308 01 01	342 43 RCL
241 42 STO	275 26 26	309 95 =	343 28 28
242 24 24	276 95 =	310 44 SUM	344 33 x^2
243 43 RCL	277 42 STO	311 28 28	345 95 =
244 22 22	278 28 28	312 43 RCL	346 22 INV
245 42 STO	279 71 SBR	313 27 27	347 49 PRD
246 23 23	280 03 3	314 75 −	348 27 27
247 71 SBR	281 38 38	315 01 1	349 94 +/−
248 02 2	282 43 RCL	316 95 =	350 22 INV
249 67 67	283 23 23	317 33 x^2	351 49 PRD
250 44 SUM	284 65 x	318 85 +	352 28 28
251 24 24	285 43 RCL	319 43 RCL	353 92 RTN
252 43 RCL	286 03 03	320 28 28	354 76 LBL
253 21 21	287 95 =	321 33 x^2	355 13 C
254 44 SUM	288 44 SUM	322 95 =	356 42 STO
255 23 23	289 28 28	323 55 ÷	357 26 26
256 43 RCL	290 71 SBR	324 53 (	358 92 RTN
257 23 23	291 03 3	325 53 (	359 76 LBL
258 32 x⇄t	292 38 38	326 43 RCL	360 18 C'
259 43 RCL	293 43 RCL	327 27 27	361 35 1/X
260 20 20	294 23 23	328 85 +	362 42 STO
261 77 GE	295 65 x	329 01 1	363 25 25
262 02 2	296 43 RCL	330 54)	364 92 RTN
263 47 47	297 02 02	331 33 x^2	365 76 LBL
264 43 RCL	298 95 =	332 85 +	366 14 D
265 24 24	299 44 SUM	333 43 RCL	367 48 EXC
266 92 RTN	300 28 28	334 28 28	368 20 20
267 43 RCL	301 71 SBR	335 33 x^2	369 48 EXC
268 25 25	302 03 3	336 95 =	370 21 21
269 42 STO	303 38 38	337 92 RTN	371 48 EXC
270 27 27	304 43 RCL	338 43 RCL	372 22 22
271 43 RCL	305 23 23	339 27 27	373 92 RTN
272 23 23	306 65 x	340 33 x^2	
273 65 x	307 43 RCL	341 85 +	

Systems '81:

Mehr als erwartet

Zufriedene Gesichter zeigten die Veranstalter der Systems '81 und die auf der Messe vertretenen Aussteller. Während fast alle Wirtschaftszweige im Moment über die schlechte konjunkturelle Lage klagen, konnte nahezu jeder Aussteller von einem positiven Gesamtergebnis berichten und erleichtert eine zunehmende Investitionsbereitschaft feststellen. Wurden auf der letzten Systems vor zwei Jahren 31 000 Besucher gezählt, so waren es in diesem Jahr 44 000. Trotz einer Begrenzung auf maximal 150 m² pro Stand wurden in den zehn Hallen 26 000 m² Nettofläche belegt. Die Zahl der ausstellenden Firmen wuchs von 516 im Jahr 1979 auf 655 in diesem Jahr, wovon allein aus dem Inland 63 zum ersten Mal vertreten waren.

Nach einer Befragung galt das Besucherinteresse in diesem Jahr eindeutig den Sparten „Kleinrechnersysteme", „Kommunikationstechnik" und „Computergestützte Entwicklung". Diesen drei Gebieten soll auch der folgende Bericht gewidmet sein.

Die Betrachtung der Ergebnisse zur Systems '81 decken sich weitgehend mit den Untersuchungsergebnissen, die im Diebold Management Report veröffentlicht wurden: Computersysteme bis 25 000 DM erfahren rund 80 % Zuwachs in den Auftragsbüchern und lassen damit alle anderen Sparten weit hinter sich.

Einer für alle

Hersteller von Mikrocomputern warten in der letzten Zeit mit immer neuen Rekordergebnissen in den Verkaufszahlen auf. Es lassen sich Wachstumsraten beobachten, bei denen andere Branchen vor Neid nur erblassen können. Ein geschickter Schachzug scheint *Commodore* mit der Konzeption des VC 20 gelungen zu sein: Ein in Deutschland hergestelltes Grundmodell des von Commodore als Volkscomputer bezeichneten VC 20 soll unter 900 DM kosten und dem Interessierten den Einstieg in den Umgang mit Mikrocomputern erleichtern. Leider sind mit dem VC 20 *(Bild 1)* tatsächlich nur erste Gehversuche und Spiele möglich; mit 22 Zeichen pro dargestellter Zeile kommt man eben nicht weit. Wie sich bei den ersten Mustergeräten zeigte, bestehen offensichtlich auch bei dieser großformatigen Wiedergabe auf dem Bildschirm noch Probleme mit der schattenfreien und sauberen Darstellung der Zeichen.

Über die Zahl der zur Zeit hergestellten VC 20 waren die unterschiedlichsten Angaben zu vernehmen. Jedenfalls scheute man sich nicht, davon zu sprechen, daß bis zum Jahresende 1981 insgesamt 10 000 Stück zur Auslieferung kommen sollen. Von den Händlern werden diese Aussagen aber sehr skeptisch betrachtet („Man hat ja mit Commodore schließlich so seine Erfahrungen"). Auch sonst zeigte man sich bei Commodore nicht von mangelndem Selbstbewußtsein geplagt. Der Konkurrent Apple wurde kräftig unter verbalen Beschuß genommen, indem man ihm öffentlich „hemdsärmelige Methoden" und die Verbreitung „wissentlich falscher Behauptungen" vorwarf.

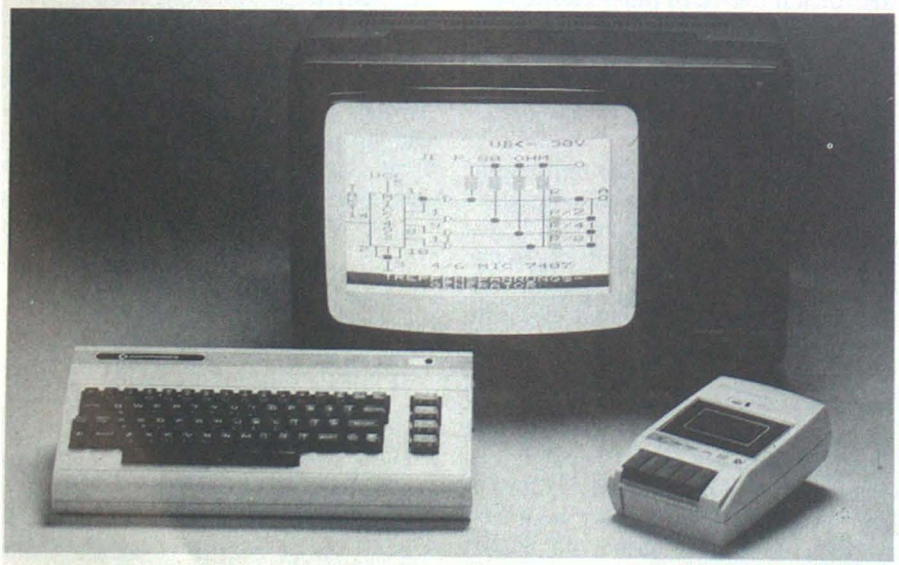


Bild 1. Der VC 20, von Commodore als Volkscomputer angepriesen, bietet immerhin die Möglichkeit der Darstellung von 62 Grafikzeichen und 63 Schriftzeichen (ASCII) in acht Farben (Werkfoto)

Die dritte Generation der Personal Computer

Als echte Neuigkeit aus dem Bereich „Personal Computer" wurde am Tage vor der Messe das Computersystem ITT 3030 *(Bild 2)* vorgestellt. Über die Unruhe, die die Präsentation des Systems verursachte, haben wir bereits in Heft 23/1981, Seite 8, berichtet. Die Erfahrungen für ein derartig komplexes System sammelten die Fachleute von *Schaub Lorenz* mit dem ITT 2020, der durch engste Zusammenarbeit mit Apple entstand. Nach drei Jahren wurde diese Zusammenarbeit mehr oder weniger freundlich beendet, lediglich den Service für den 2020 übernimmt Apple weiterhin. Während der letzten drei Jahre wurden ca. 20 000 Stück des Kleincomputers verkauft, und man hofft, daß sich auch in Zukunft der ITT 2020 verkaufen läßt.

Kennzeichnend für den ITT 3030 ist die Ausbaufähigkeit. Schon bei der Zentraleinheit ist wahlweise eine 8-Bit-CPU (8085/Z80) oder eine 16-Bit-Variante (8086) erhältlich. Die Kapazität des Festspeichers ist zwischen 2 und 32 KByte wählbar, wobei der Bootstraploader 2 KByte PROM benötigt. Der Arbeitsspeicher ist von 16 KByte RAM in 64-KByte-Schritten

bis 256 KByte erweiterbar (es wurde für die 64-KByte-Erweiterungen ein Preis von 450 DM (!) genannt). Als Sichtgerät kann wahlweise ein Fernsehgerät oder ein Monitor verwendet werden; die Darstellung ist dabei unterschiedlich: TV bietet 16 Zeilen mit je 64 Zeichen, der Monitor hingegen 24 Zeilen zu je 80 Zeichen. Die Zeichen werden in einer 8 × 12-Punkt-Matrix generiert, die neben Unterlängen auch normale und inverse Darstellung erlaubt. Der Zeichensatz ist, genauso wie die Tastaturbelegung, per Software ladbar, d. h. veränderbar und somit an die Eigenheiten internationaler Zeichensätze anzupassen.

Zur Massenspeicherung von Daten bieten sich zum einen 5¼-Zoll-Floppy-Disk-Laufwerke an. Maximal drei dieser Laufwerke in Double-Density-Ausführung mit je 560 KBit Kapazität können gleichzeitig betrieben werden. Zum anderen läßt sich mit dem ITT 3030 ein 8-Zoll-Floppy-Disk-Laufwerk in Single-Density-Ausführung betreiben. Hierbei wird die volle Kompatibilität zur IBM-374-Familie gewahrt und in Verbindung mit dem Betriebssystem BOS (Business Operating System) eine Software-Austauschbarkeit zu vielen anderen EDV-Systemen angeboten. Bei Verwendung eines Laufwerkes mit 5¼-Zoll-Harddisk stehen bis zu 10 MByte Speicherkapazität zur Verfügung.

Der Drucker kann wiederum zwischen mehreren Ausführungen gewählt werden: Der Matrixdrucker eignet sich in erster Linie zur Registrierung von Daten auf Papier; ein Typenraddrucker wird hingegen dann notwendig, wenn z. B. mit Hilfe der umfangreich angebotenen Software Textbe- und Textverarbeitung gemacht wird und das System als Schreibautomat für Formbriefe dient.

Teletex oder nicht?

Anknüpfend an die Qualitäten des Systems in der Textverarbeitung und vermischt mit dem deutlichen Hinweis auf die Bedeutung des ITT 3030 in der Telekommunikation drängte sich die Frage auf, wann das System teletexfähig wird. Eine Aussage der Systemfachleute versprach die Möglichkeit des Einsatzes bis Ende 1982, ein offizieller Widerspruch aus dem Hause SEL ließ dann aber letztendlich sogar die Frage offen, ob das System überhaupt jemals für den Teletex-Betrieb ausgerüstet wird.

Bild 2. Das Personal-Computer-System ITT 3030 von Schaub-Lorenz eignet sich in Verbindung mit spezieller Software sehr gut für die Textbearbeitung und -verarbeitung (Werkfoto)

Das letzte Wort in dieser Sache ist aber sicher noch nicht gesprochen, denn die Konkurrenz, wie z. B. Philips, hat für die Hannover-Messe 1982 eine Aufrüstung ihrer Personal-Computer-Systeme für Teletex angekündigt.

Nicht mehr ganz neu, aber deshalb nicht weniger interessant ist der *Apple III (Bild 3)*. Auf dem US-Markt wurde er bereits vor einiger Zeit vorgestellt, hatte aber mit einigen Software-Problemen zu kämpfen. Nun wurde eine leistungsstärkere Version des Personal Computers präsentiert, die über ein verbessertes Betriebssystem und eine wesentlich erweiterte Massenspeicherkapazität verfügt. Bei letzterem handelt es sich um Festplattenspeicher in Winchester-Technik mit 5 MByte Speicherraum, von denen bis zu vier Laufwerke an einen einzigen Apple III angeschlossen werden können.

Mehr anwenderbezogen

Auch bei dem Apple III ist das Bestreben der Personal-Computer-Her-

Bild 3. Als Massenspeicher zum Apple III mit neuem Betriebssystem werden Harddisk-Laufwerke für maximal 20 MByte angeboten (Werkfoto)

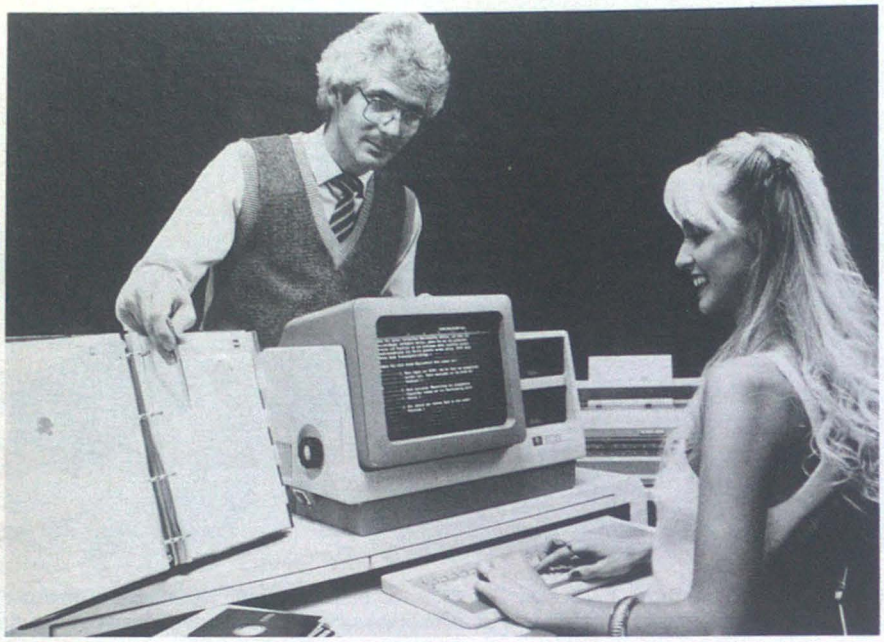


Bild 4. Das System Bitsy von Triumph-Adler war ursprünglich für Textbearbeitung und -verarbeitung konzipiert; jetzt ist es durch Ausbau auch als Teletex-Maschine einzusetzen (Werkfoto)

steller zu erkennen, dem Endverbraucher, wie etwa Unternehmen kleiner oder mittlerer Größe, ein System anzubieten, das unkompliziert in der Bedienung ist und keine speziellen „Operator-Kenntnisse" erfordert. Neben typischen Programmen für den kaufmännischen Bereich existieren selbstverständlich auch solche für den wissenschaftlichen und Entwicklungsbereich.

Der Apple III arbeitet mit einer selbstentwickelten CPU (mit einem erweiterten 6502-Befehlssatz), die Zugriff auf 128 KByte Arbeitsspeicher nehmen kann. In der Grundversion verfügt der Personal Computer über ein 5¼-Zoll-Floppy-Disk-Laufwerk, das über eine Schnittstelle um drei weitere Laufwerke ergänzt werden kann. Auch Apple ist bei diesem System auf eine erweiterte und per Software programmierbare Tastatur umgestiegen, um Sonderwünsche der Anwender leichter realisieren zu können. Als weitere Neuerung ist der Bildschirm des Sichtgerätes größer geworden und ermöglicht die Darstellung von 80 Zeichen in einer Zeile.

Auf keiner Messe vorher wurde so deutlich, wie nahe die Personal Computer an die Bürotechnik und Textkommunikation gerückt sind. Ein bereits im Büro eingeführtes Textsystem ist Bitsy *(Bild 4)* von *Triumph Adler*. Einen erweiterten Leistungsumfang in der Textbearbeitung und -verarbeitung sowie in der Informationsverarbeitung bietet das neue Betriebssystem auf der Basis des DOS 80. Dadurch werden unter anderem ein schneller Zugriff zu gespeicherten Daten, eine höhere Speicherkapazität von mehr als 32 000 Seiten, ein internationaler Zeichensatz mit 162 Zeichen und das Zusammenschalten von maximal 16 Arbeitsplätzen zu einem Mehrplatzsystem möglich. Das hat wiederum zur Folge, daß zwischen einem Bitsy-Textsystem und Fotosatzgeräten Übertragungsmöglichkeiten (online/offline) bestehen.

Ebenso läßt sich nun ein Bitsy-System ab einem gewissen Fertigungsstand nachträglich teletexfähig machen und damit zu einem kompletten Textkommunikationsystem erweitern.

Überhaupt wird die Zahl der Anbieter von Teletex-Geräten immer größer; das Vielzweckgerät ET 351 Ttx *(Bild 5)* von *Olivetti* ist besonders für Klein- und Mittelbetriebe interessant. Weniger als 20 000 DM für das komplette System bieten dem Anwender Teletex- und Telex-Anschluß sowie die Vorteile einer Speicherschreibmaschine.

Da ja Anfang 1982 die Bundespost das Protokoll der Kommunikationsschnittstelle von der Zwischenlösung – Hannover-Messe-Standard genannt – auf CCI-Protokoll umstellen will, sind die Teletex-Maschinen von Olivetti bereits mit Schnittstelle nach dem neuen Protokoll ausgestattet.

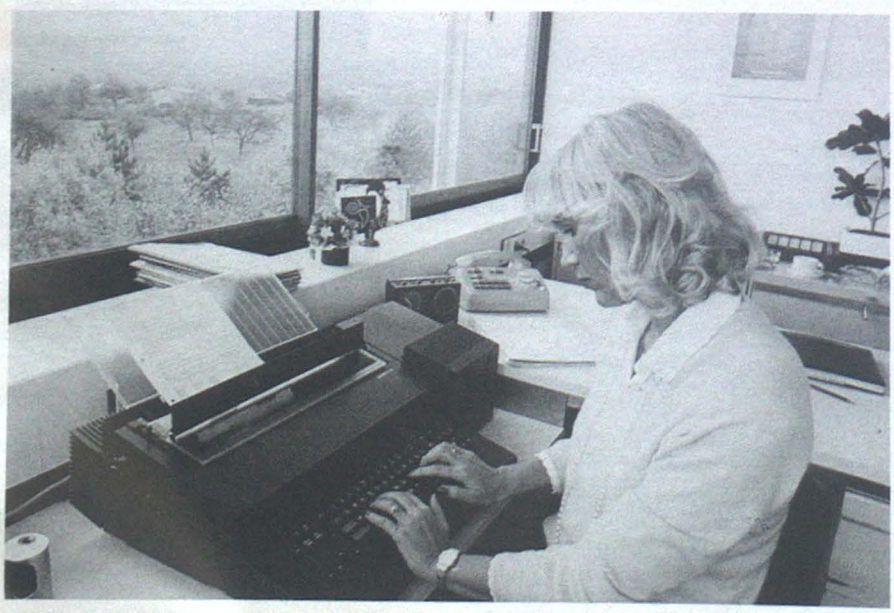


Bild 5. Die Teletex-Maschine ET 351 Ttx von Olivetti baut auf einer Speicherschreibmaschine auf (Werkfoto)

Design mit Computer

Rationalisierung, Umstrukturierung, Kostenreduzierung und Wettbewerbsverbesserung sind die Aufgaben für viele Unternehmen in den 80er Jahren. Mit dem gleichen bzw. möglichst wenig Personal, ohne erhebliche Umschulungsaufwendungen und ohne hochqualifizierte Computerspezialisten müssen viele Unternehmen im Vorfeld und als Ergänzung zur Produktionsautomation auch die Produktentwicklung, die Projektierung und Konstruktion effektiver gestalten. Der Weg zur Realisierung dieser Ziele

führt an dem sogenannten CAD (Computer Aided Design) nicht vorbei.

Ein ganzes Paket von Problemlösungen für die verschiedensten Bereiche im Ingenieurwesen, Maschinen- und Anlagenbau, in der Meß- und Regeltechnik und in der allgemeinen Konstruktion stellte z. B. *ATM* (eine Telefunken-Tochtergesellschaft) vor. Die Palette reicht von der rechnergestützten Konstruktion, Bemaßung und Zeichnungserstellung von einzelnen Maschinenteilen bis zur Darstellung von kompletten Maschinenbaugruppen. Da das entsprechende Teil auch dreidimensional betrachtet werden kann, ergibt sich für den Konstrukteur eine erhebliche Arbeitserleichterung.

Ersatz für das Reißbrett

Durch die rechnergestützte Entwicklung kann praktisch das Reißbrett völlig ersetzt werden; ein Plotter liefert jede gewünschte Darstellung des Objekts. Der Bildschirm wird zum Arbeitsplatz des Entwicklers und technischen Zeichners in der Industrie. Naturgemäß sind dabei nicht nur die Anforderungen an die Systemintelligenz hoch. Die Abbildung auf dem Bildschirm erfordert eine besonders hohe Auflösung.

Ein Farbsichtsystem mit der nötigen hohen Auflösung *(Bild 6)* wird beispielsweise von *Krupp Atlas-Elektronik* hergestellt. Das Bild wird mit Tastatur, Lichtgriffel, Joystick oder Rollball aufgebaut oder kann aus dem Speicher geholt werden. Durch Gliedern der Grafik in Makrosymbole unterstützt man die Bildkonstruktion, indem man das Symbol mehrfach verwenden kann. Es können 600 Zeilen zu 800 Bildpunkten dargestellt werden, jeden Bildpunkt kann man auf dem Farbmonitor mit einer von maximal 256 Farben aus einer Farbskala mit 65 536 Stufen versehen. Bei Bedarf läßt sich die Bildfarbe sowohl für jeden einzelnen Bildpunkt als auch durch Austauschen der gesamten Farbskala ändern.

Ein neuer Arbeitsplatz entsteht

Durch den Einsatz von CAD im Betrieb entsteht ein Arbeitsplatz, der mit den bisherigen nur schwer vergleichbar ist. Die bekannten Probleme des Bildschirm-Arbeitsplatzes treten auch beim CAD auf, allerdings in einer anderen Form. Daher ist ein ergonomisch gestalteter, auf den an ihm arbeitenden Menschen zugeschnittener CAD-Arbeitsplatz ein Punkt bei der Entwicklung solcher Systeme, dem man besondere Beachtung zu schenken hat.

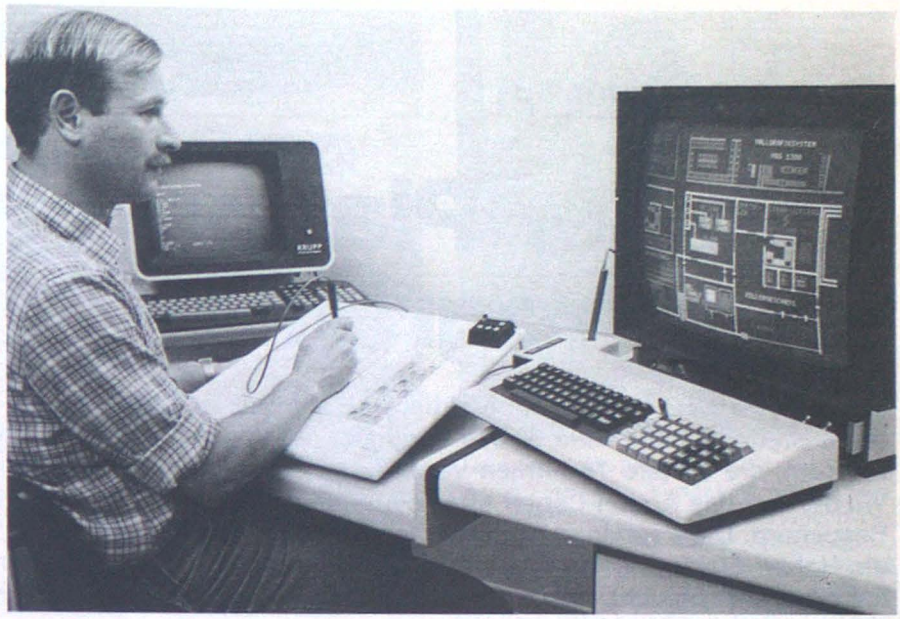


Bild 6. Das Computerterminal ersetzt das Reißbrett und bietet dem Anwender eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. Unsere Schwesterzeitschrift ELEKTRONIK behandelte in ihrem Heft 22/1980 dieses Thema als Schwerpunkt (Werkfoto)

Bei *Control Data* hat man einen CAD-Arbeitsplatz entwickelt, der diesen Forderungen gerecht wird. Wie *Bild 7* zeigt, hat man den Arbeitsplatz in vier Einheiten geteilt: den Bildschirm hoher Auflösung, den alphanumerischen Bildschirm zur Darstellung von Steuerinformationen, das grafische Tablett und die Tastatur. Der Arbeitsplatz wurde außerdem so ausgelegt, daß die Einheiten räumlich den Arbeitsabläufen entsprechend angeordnet sind.

Abschließend kann gesagt werden, daß sich CAD und CAE (Computer Aided Engineering) in der Zukunft einen festen Platz in der Konstruktion und Entwicklung erobern werden und dies nicht zuletzt deshalb, weil die Preise solcher Systeme mittlerweile in einen Bereich gesunken sind, in dem auch mittlere Unternehmen damit rentabel arbeiten können.

Thomas Knoll, Wolf P. Tangermann

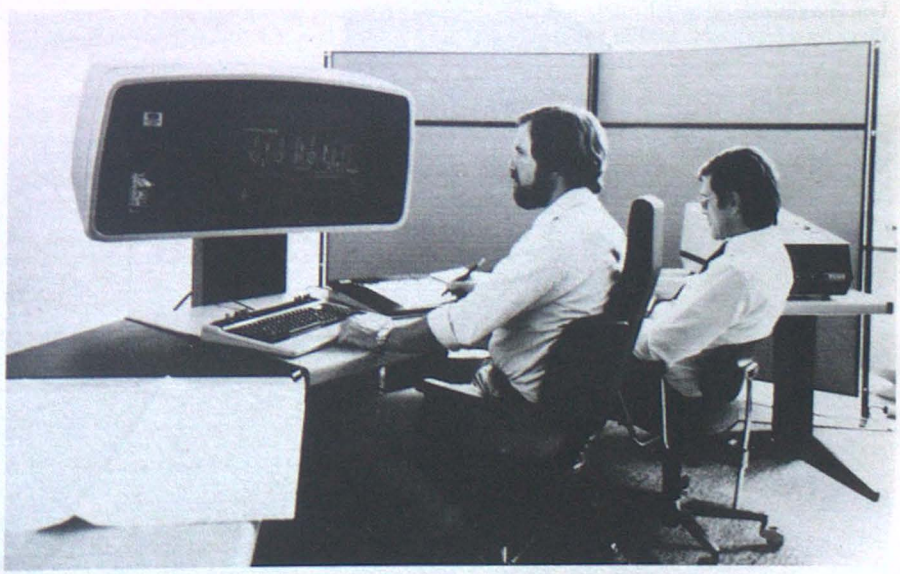


Bild 7. Ein CAD-System ist ein Arbeitsplatz, an dem intensiv und konzentriert gearbeitet wird. Daher müssen gerade hier Erkenntnisse der Ergonomie berücksichtigt werden (Werkfoto)

Hobby Elektronik '81

Von der Platine zum Programm

Die dritte Fachausstellung für praktische Elektronik und Mikrocomputer in Stuttgart hatte rund 30 000 Besucher. 86 Aussteller aus sieben Ländern, die weitere 78 Firmen vertraten, präsentierten ihr Angebot. Wieder war das Action-Center stets dicht umlagert von wißbegierigen Besuchern. Die Resonanz beim Publikum und bei den Ausstellern auf die Hobby Elektronik '81 war insgesamt positiv: 90 % der Aussteller äußerten die Absicht, auch auf der nächsten Veranstaltung wieder präsent zu sein.

Trotz der allgemeinen Sparwelle war ein leichter Anstieg der Besucherzahl gegenüber dem Vorjahr auf der Hobby Elektronik '81 zu verzeichnen, die vom 21. bis 25. Oktober stattfand. 30 000 Besucher sorgten an allen Tagen für reges Treiben in den Gängen. Lediglich am Mittwoch, der als Händlertag deklariert war, herrschte wenig Andrang. Für einige Aussteller, die sich vor allem an Wiederverkäufer wandten, brachte dieser Tag gute Erfolge. An den anderen Ständen machte sich die Langeweile breit, denn nur wenige Kauflustige waren zusätzlich anwesend. Hier sollte man sich gemeinsam mit den Ausstellern überlegen, ob nicht vielleicht ein anderes Konzept gefunden werden kann, das die Interessen aller Beteiligten – Messeleitung, Aussteller und Besucher – unter einen Hut bringt.

Wissensdurst auf allen Gebieten

Immer deutlicher zeigt sich, daß die Hobby-Elektronik nicht nur als Spielerei aufgefaßt wird. Das merkten einmal die Berater der Handwerkskammer Stuttgart, die gezielt nach Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten befragt wurden. Auf großes Interesse stieß hier der neue Lehrgang „Elektronik zum Kennenlernen". Zum anderen waren auch Bücher und Fachzeitschriften zu allen Bereichen der Elektronik sehr gefragt. Großen Anteil hatte dabei der Bereich Mikrocomputer, der auch von seiten der Aussteller gut abgedeckt war. Die Besucher zeigten sich zum großen Teil gut informiert. Fragen wie „Was kann man eigentlich mit einem Mikrocomputer machen?" wurden kaum noch gestellt.

Der Wissensdrang machte sich auch im Action-Center bemerkbar. Hier standen den Besuchern Fachleute aus allen Gebieten der Elektronik zur Verfügung, speziell natürlich für die Hobbys Amateurfunk, CB-Funk, Rundfunkfernempfang, Tonband-Video und Funkfernsteuern.

Anziehungspunkt Action-Center

Der Franzis-Verlag betreute im Action-Center wieder die Bereiche Elektronik-Labor und die Mikrocomputer-Beratung. Im Labor war immer Hochbetrieb, wenn das Ätzen von Platinen vorgeführt wurde. Ein weiterer Anziehungspunkt war der Kalibrierplatz für Meßgeräte. Hier hatten die Besucher Gelegenheit, mitgebrachte oder auf dieser Messe erstandene Meßgeräte überprüfen zu lassen. Für diesen Zweck hatten Rohde & Schwarz, Hewlett Packard und Keithley hochgenaue Meßgeräte und Normalien zur Verfügung gestellt.

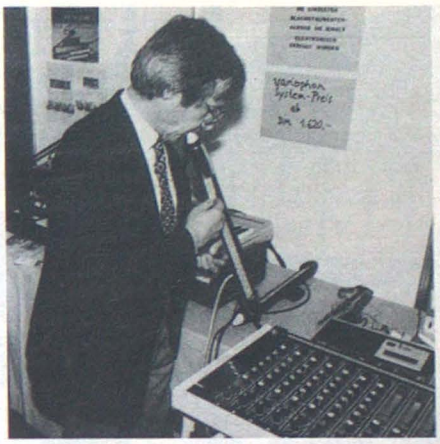
Bei der Mikrocomputer-Beratung war die Standbesatzung oft erstaunt über die gezielten Fragen von 13- und 14jährigen Schülern zu speziellsten Problemen. Allgemein war eine hohe Qualifikation der Besucher gerade hier feststellbar.

Sehr engagiert waren die Amateurfunker mit ihren Vorführungen und Demonstrationen. Außer dem Funkbetrieb auf allen Bändern zeigten sie einen selbstgebauten Empfänger für den Meteosat 2. Auch der Parabolspiegel mit 1,2 m Durchmesser war selbstgebaut und in etwa 6 m Höhe an der Hallenaußenwand angebracht. Er lieferte ein erstaunlich gutes Bild.

Vorträge und Podiumsdiskussionen

Wie bei allen Hobby-Messen dieser Art fanden einige Vorträge statt, die

ast 30 000 Besucher drängten sich an fünf Messetagen durch die Hallen 14 und 15 des uttgarter Messegeländes am Killesberg (Foto: Scho.)

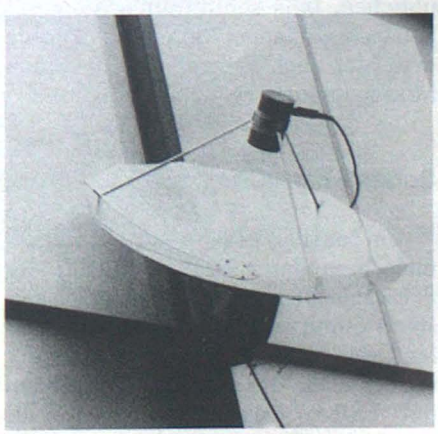


Täuschend echt klangen die Blasinstrumente, die mit dem Variophon elektronisch nachgebildet wurden. Alle Variophon-Typen können mit Interfaces zum Einbau in Orgeln, Synthesizer und Akkordeons versehen werden. Die Anblastechnik ist durch das Blockflötenmundstück relativ leicht zu erlernen (Foto: Ta.)

ei der Laborberatung im Action-Center konnten die Besucher ihre Meßgeräte überprüfen. ier wird gerade ein Multimeter mit einer RCL-Brücke verglichen, die Keithley zur erfügung gestellt hatte (Foto: Scho.)

Mit ganz erstaunlichen Kenntnissen auf dem Gebiet der Mikrocomputerei warten oft schon Schüler auf (Foto: Ta.)

ie Funkamateure zeigten außer dem Funkbetrieb auf allen Bändern auch eine selbstgeaute Anlage für den Direktempfang des Wettersatelliten Meteosat 2 (Foto: Scho.)



Dieser selbstgebaute Parabolspiegel war in etwa sechs Meter Höhe außen an der Hallenwand montiert. Er lieferte ein ungestörtes Signal des Wettersatelliten (Foto: Scho.)

Viel Betrieb herrschte auf der Hobbybörse am Wochenende. Wie auf jedem Flohmarkt fand man außer Schrott auch viele brauchbare Dinge, selbst Programme für seinen Mikrocomputer konnte man kaufen (Foto: Ta.)

Beim ersten deutschen Schachturnier Mensch gegen Computer konnten die Rechner sicher ungestörter „nachdenken" als ihre menschlichen Gegenspieler (Foto: Scho.)

beim Publikum wieder gut ankamen. Vor allem die Diskussion mit Reinhard Gößler, Mitarbeiter des Franzis-Verlages, zum Thema „Mikrocomputer – mehr als ein Hobby!" fand großen Anklang. Alle 120 Plätze waren besetzt. Es wurden Service- und Vertriebsprobleme sowie die Preispolitik angesprochen. Ein weiteres heißes Eisen war das Software-Angebot und dafür geeignete Vertriebswege.

Das Gespräch über den Ingenieurmangel mit Henning Kriebel, Chefredakteur der ELO, fand vor allem bei Schülern und Studenten naturgemäß die meiste Beachtung.

Stark frequentiert war am Wochenende auch die Hobbybörse. Außer den üblichen, teils schrottreifen Baugruppen (wie auf jedem Flohmarkt), konnte man hier auch Programme für seinen Mikrocomputer erstehen.

Schach dem Computer

Am Samstag begann ein Schachturmier besonderer Art: 15 Spieler der Schwäbischen Schachamateure, verstärkt durch einige Vereinsspieler, traten gegen 15 Schachcomputer an. Jeder spielte gegen die drei Typen Mephisto (mit ESB-Programm), Sandy MGS III und Novag Savant. Am besten schnitt der Mephisto ab. Er gewann im Verhältnis 10,5 : 4,5. Nur die drei Sieger gewannen gegen alle drei Computer.

Am Sonntag ging es dann in die Endrunde. Die am Vortag ermittelten Sieger traten gegen einen IBM-Rechner des Rechenzentrums Südwest an. Das Ergebnis: Zwei Spiele endeten mit Remis, ein Spiel gewann der Computer.

Ein Fazit der Hobby Elektronik '81: Ein Besuch lohnte sicher – nicht nur für Amateure. Auch der Termin für die nächste Hobby Elektronik in Stuttgart steht schon fest: Sie findet statt vom 6. bis 10. Oktober 1982. Scho.

Im Elektronik-Labor des Action-Centers hatten die Besucher die Gelegenheit, eine Schaltung komplett aufzubauen – vom Ätzen der Platine über das Bestücken bis zum Testen (Foto: Scho.)

Reklamationen

Der Reparaturauftrag lautete: Zweites und drittes Programm gehen nicht. Der Kundendienst-Techniker wechselte daraufhin im Hause des Kunden den UHF-Tuner und stellte die Feinabstimmung (Schublade) wieder richtig ein. Weil das Gerät zwölf Programm-Tasten hat, wurden als Wiederholung auf den Tasten sechs, sieben und acht die gleichen Programme nochmals eingestellt. Der Techniker führte es dem Kunden vor (Ehemann), rechnete ab und glaubte, den Auftrag erledigt zu haben.

Schon am späten Nachmittag desselben Tages kam die Reklamation. Nun beschwerte sich die Ehefrau, es sei der gleiche Fehler, sie hätte kaum eine halbe Stunde ferngesehen.

Am nächsten Morgen fuhr der Kundendienst-Techniker wieder hin, prüfte das Gerät, stellte fest, daß das alles in Ordnung war, und vermutete: Aussetzfehler. Nun kam das Gerät in die Werkstatt. Hier kam es ins Regal und lief und lief und lief.

Am zweiten Tag kam das Gerät zum Kunden, ohne festgestellte Mängel, und die Antenne wurde geprüft. Auch kein Ergebnis. Dem anwesenden Ehemann wurde abermals das Gerät vorgeführt, wahrheitsgemäß von einwandfreien Funktionen erzählt und mit einem etwas hilflosen Lächeln die technischen Bedingungen erklärt. Der Kundendienst-Techniker war noch auf der Heimfahrt, als die telefonische Reklamation (Ehefrau) im Büro ankam: Der gleiche Fehler wie vorher.

Zum Glück war noch Zeit, und der Techniker fuhr zum dritten Mal die rund 11 km bis zum Kunden. Nun war auch die Ehefrau anwesend und erklärte dem erstaunten Techniker, daß das 2. und 3. Programm nicht gehen, und bewies es dadurch, daß sie die Tasten zehn, elf und zwölf schaltete, wobei auf elf und zwölf das 2. und 3. Programm fehlte. Als der Techniker der Ehefrau sagte, daß das Programm auf den Tasten zwei und drei sowie sechs und sieben schon in Ordnung sei, wurde die Frau fast böse und forderte, sie hätte schließlich ein Gerät mit 12 Programmen und sie möchte, wie sie das schon immer getan hätte, eben nur die Tasten zehn, elf und zwölf benutzen.

Die Moral von der Geschichte: Als Techniker sollte man immer versuchen, die Gewohnheiten der Benutzer zu entdecken und die kleinsten Bemerkungen als wichtige Bedingungen zu erkennen. Abschließend wäre noch zu sagen, daß die besagte Ehefrau Geschäftsführerin einer renommierten Gaststätte ist. Fritz Eichelkraut

Lötstation LS 7000

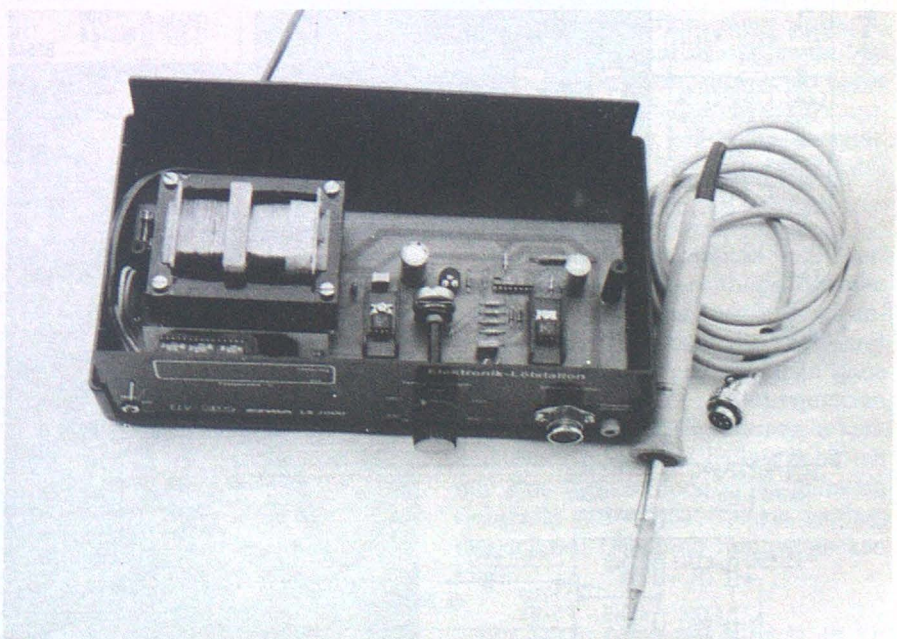
Hitze-Konstanter

Immer kleinere und damit immer hitzeempfindlichere Bauteile verbieten oft den Einsatz der üblichen und weitverbreiteten netzgespeisten Lötkolben. Die Lötstation LS 7000, die in Zusammenarbeit von Ersa, dem ELV-Labor und der Redaktion unserer Schwesterzeitzschrift ELO entwickelt wurde, bietet einige wesentliche Vorteile.

Die Temperatur der Lötspitze ist von 183...400 °C stufenlos einstellbar. Nach dem Einschalten des Gerätes kann der Temteraturanstieg über eine dreistellige Digitalanzeige beobachtet werden. Die Löttemperatur wird schon nach etwa 30 s erreicht. Der Lötkolben wird mit 24 V betrieben und ist galvanisch vom Netz getrennt. Eine zusätzliche Potential-Ausgleichsbuchse ermöglicht einen sicheren Schutz bei spannungsempfindlichen Bauelementen. Als Lötkolben wird der Typ TE 50 mit Dauerlötspitze von Ersa verwendet, der ein Thermoelement enthält, das für die Temperaturregelung verwendet wird.

Die Lötstation (*Bild*) kann als Bausatz oder Fertiggerät bezogen werden von ELV, Parkstaße 31, 2950 Leer. Eine ausführliche Bauanleitung für das Gerät ist veröffentlicht in Heft 12/81 der ELO. Ein Materialbausatz mit allen Elektronik-Bauteilen einschließlich Lötkolben, jedoch ohne Platinen, Gehäuse und Anzeige, kostet ca. 100 DM. Der Komplettbausatz mit Gehäuse und Anzeige ist für knapp 200 DM zu haben, das Fertiggerät mit der Temperaturanzeige kostet etwa 280 DM.

Der Lötkolben hat wegen des Thermoelementes vier Anschlüsse, die Verbindung zum Gerät erfolgt über einen vierpoligen Stecker mit Renkverschluß. Ein Triac schaltet die Versorgungsspannung immer im Nulldurchgang der Wechselspannung, um Hf-Störungen zu vermeiden. Um keinen Gleichspannungsanteil in der Ausgangsspannung zu erhalten, wird immer nur eine gerade Anzahl von Halbwellen zum Regeln der Lötkolbentemperatur durchgesteuert, ermöglicht durch den Baustein U 106 BS (AEG-Telefunken) im Steuerkreis des Triacs. Durch den definierten Temperaturkoeffizienten des Thermoelementes ist eine recht exakte Temperatureinstellung auch beim Selbstbau möglich. Der Abgleich wird in der Bauanleitung ausführlich beschrieben. Scho.

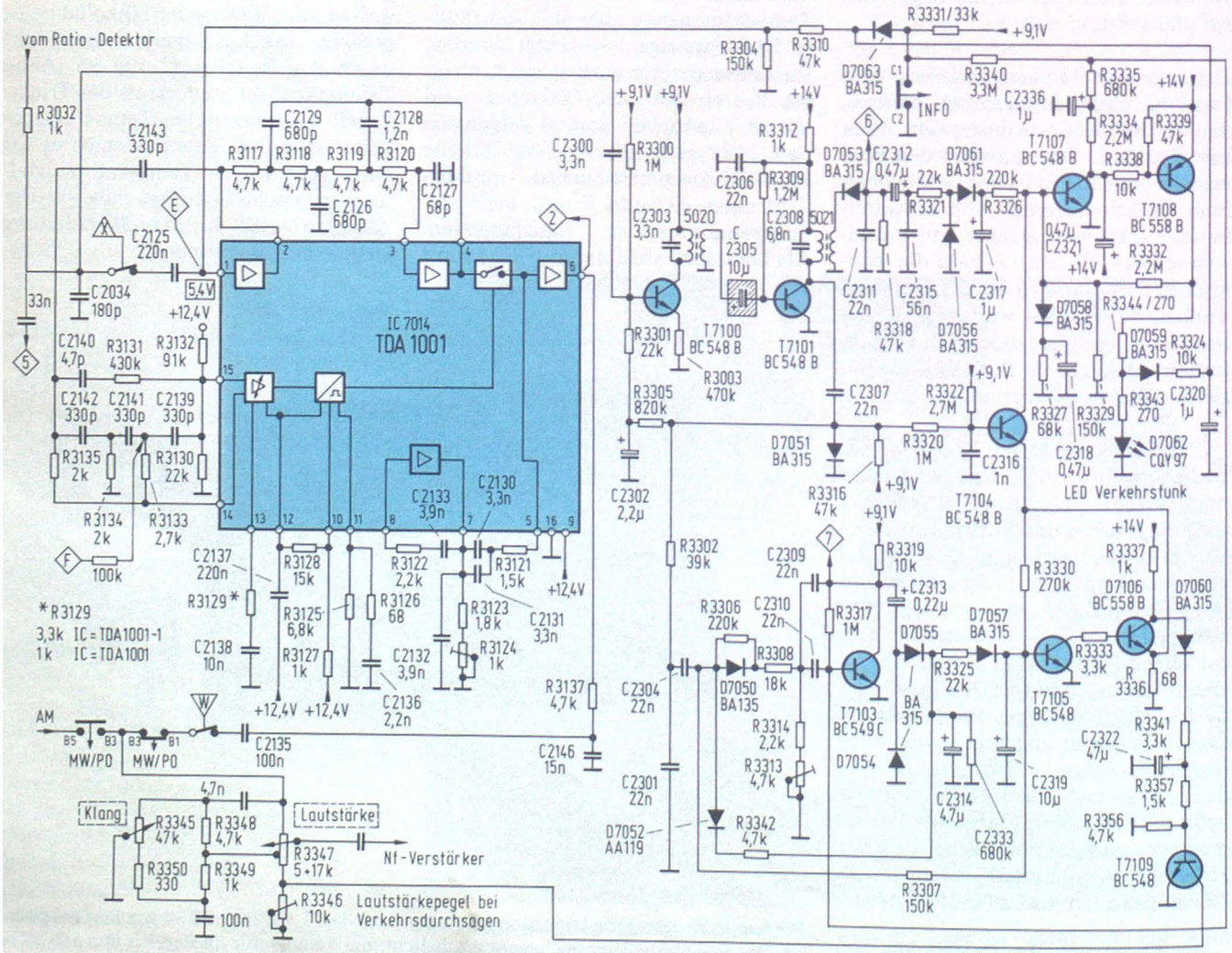


Die temperaturgeregelte Lötstation LS 7000 ist mit dem Lötkolben TE 50 von Ersa ausgestattet. Das integrierte Thermoelement ermöglicht, die Temperatur im Bereich von 183 °C bis 400 °C stufenlos einzustellen

Kein Verkehrsfunk

Aufgrund aussetzenden Rundfunkempfanges bei Verkehrsfunkbetrieb, also bei gedrückter Info-Taste, ließ der Besitzer eines Autoradios dieses in der Werkstatt überprüfen. Schon aus der Fehlerangabe des Kunden ging hervor, daß der Fehler im Verkehrsfunk-Decoder zu suchen sei.

Die Schaltung des besagten Gerätes arbeitet etwa so: Das den Ratio-Ausgang verlassende Nf-Signal durchläuft (*Bild*) die integrierten Verstärkerstufen vom IC TDA1001, wo es am Pin 6 wieder ausgekoppelt und über die Wellenbereichsumschaltung schließlich dem Lautstärkeregler zugeführt wird. Bei nicht betätigter Info-Taste (Kontakte C1/C2 geöffnet) wird der Verstärker-Eingang am Pin 1 über R3331, Diode 7063 und R3310 mit einem Teil der Betriebsspannung versorgt, so daß die integrierten Verstärker arbeiten und das Nf-Signal diese durchlaufen kann. Wird nun die Info-Taste gedrückt (Kontakt C1/2 geschlossen), so ist die Versorgungsspannung hinter R3331 Null. Der IC-Eingang erhält keine Spannung, weshalb das Nf-Signal dieses nicht mehr passieren kann. Das Gerät bleibt stumm. Wird jetzt das Gerät auf einen Sender mit Verkehrsfunk abgestimmt, so geschieht folgendes: Das in der Nf-Information enthaltende Signal, der 57-kHz-Pilotton, welcher den Empfänger wissen läßt, ob ein Sender Verkehrsinformationen ausstrahlt, wird in den aus T7100, T7101, T7107 und T7108 gebildeten Stufen verarbeitet und daraus eine Schaltspannung gewonnen. Dem Eingang der Gesamtschaltung, der Basis von T7100, wird ebenfalls das vom Ratio gelangende Nf-Signal zugeführt. Die Resonanzkreise der Filter 5020 und 5021 sind abgestimmt auf den Verkehrsfunk-Pilotton. Ist dieser vorhanden, so stellt sich mit Hilfe der Verdopplerschaltung (D7056/D7061) am Elko C2317 eine Gleichspannung (die Schaltspannung) ein, welche T7107 öffnet. Seine leitende E-C-Strecke öffnet gleichzeitig T7108, so daß jetzt die Versorgungsspannung über dessen E-C-Strecke, R3344, D7059, R3324 und schließlich über R3310 an den IC-Eingang Pin 1 gelangt. LED 7062 signalisiert den vorhandenen Pilotton. Die internen Verstärker sind wieder geöffnet, so daß das Nf-Signal diese passieren kann und an den Lautstärkeregler gelangt. Wie schon vermutet, war bei dem fehlerhaften Gerät am Pin 2 vom besagten IC, dem Ausgang des 1. Verstärkers, kein Nf-Signal mehr wahrnehmbar (mit dem Signalverfolger). Die Schaltspannung von 5,4 V am Pin 1 fehlte auch. Aufgrund dessen mußte der Fehler in der schon erwähnten Transistorschaltung zu suchen sein. Weitere Gleichspannungsmessungen bestätigten, daß T7107 und T7108 gesperrt waren, woraus ich schloß, daß sich am Elko C2317 keine Spannung einstellte. Auch diese Vermutung bestätigte sich. Als näch-



Der Kondensator C2305 hatte einen Feinschluß und bewirkte den Fehler

ster Schritt mußte klargestellt werden, ob der Pilotton überhaupt mit Hilfe von T7100 und T7101 übertragen und verstärkt wurde. An der Basis von T7100 war jedenfalls mit dem Signalverfolger noch ein einwandfreies Nf-Signal zu registrieren. Der Signalweg zwischen Ratio-Ausgang und Transistor-Eingang T7100 war also in Ordnung. An der Basis und am Kollektor von T7101 war meßtechnisch kein Pilot-Signal mehr festzustellen, wohl aber am Kollektor von T7100. Der Fehlerkreis hatte sich also verkleinert. Als Ursache kamen nur noch T7101 selbst, Filter 5020 und Elko C2305 in Frage. Den Fehler verursachte schließlich C2305, ein Elko in Tantalausführung, der einen Feinschluß aufwies. Die Funktion der Transistorstufe T7101 war somit gestört, weshalb aus dem Pilotton keine Schaltspannung mehr gewonnen werden konnte.

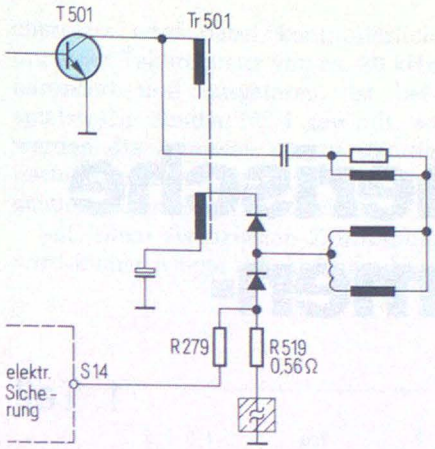
Damit im Falle einer wichtigen Verkehrsdurchsage bei minimaler Lautstärkereglerstellung diese trotzdem lautstark vernommen werden kann, wird ferner mit Hilfe des übrigen Schaltungsteils T7109 gesperrt. Der Fußpunkt des Lautstärkereglers liegt dann nicht mehr über die sonst leitende E-C-Strecke direkt auf Massepotential, sondern hochgelegt über den jetzt wirksamen Einsteller R3346, von dem in diesem Falle die minimale Lautstärke abhängig ist.

Dieter Langbehn

Elektronische Sicherung schaltet ab

Der Kunde beanstandete, daß sein Farbfernsehgerät seit längerer Zeit immer wieder von selbst abschaltete, jetzt aber gar nicht mehr ginge.

Als ich das Chassis herausklappte, lief das Gerät plötzlich wieder an. Deshalb vermutete ich als Ursache kalte Lötstellen und suchte die Platine danach ab. Erst nach längerem Suchen entdeckte ich vier Lötstellen mit leichten Rissen. Es war die Befestigungsschiene des Horizontaltransformators Tr501, die gleichzeitig als Massebrücke diente (*Bild*). Durch diese Unterbrechung lagen mehrere Bauteile nicht mehr an Masse, darunter auch R519, weshalb die elektronische Sicherung über R279 und Anschluß S14 angesteuert wurde und deshalb ansprach. Nachdem die vier Lötstellen nachgelötet und vorsichtshalber noch eine Drahtbrücke eingesetzt wurde, lief das Gerät wieder einwandfrei.



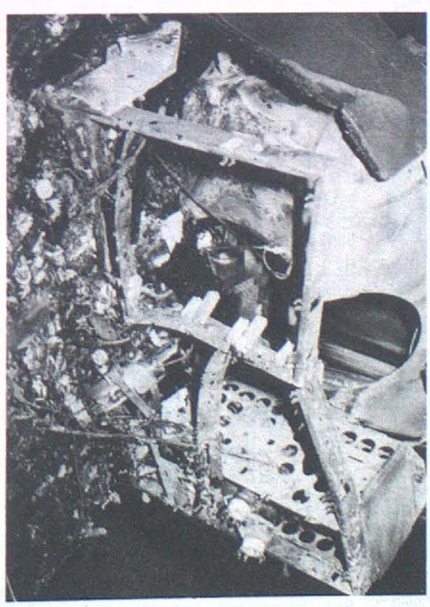
Wegen unterbrochener Massebrücke lag der Widerstand R519 nicht mehr an Masse; die elektronische Sicherung schaltete ab

Massebrücken über Bauteile rufen oft heimtückische Fehler hervor, die meist schwer zu finden sind.

Hans Pletka

Schneller als die Feuerwehr

Wir wollten gerade zu unserem letzten Kunden fahren, als die Feuersirene ertönte, die die Freiwillige Feuerwehr unserer Stadt alarmierte. Vor dem Haus des Kunden angekommen, sahen wir, wie aus den Fenstern vorne und hinten dichter schwarzer Rauch quoll. Ein Nachbar, der uns kannte, meinte, wir kämen sicher sehr ungelegen in diesem Augenblick. Trotzdem läuteten wir. Der Kunde öffnete uns und sagte, wir sollten doch gleich einen Feuerlöscher mitbringen. Ich entgegenete ihm, wir wären nicht die Feuerwehr, sondern der Fernseh-Service. „Das ist ja gut", erwiderte der Kunde, „der Fernseh-Apparat brennt nämlich und mit ihm die ganze Wohnung!"



Hier gab es nichts mehr zu reparieren. Das Feuer hatte vom Fernsehgerät auch auf die Wohnung übergegriffen

Jetzt kam auch die Feuerwehr, die das Feuer sehr schnell löschen konnte. Warum der Fernseher (*Bild*) brannte, konnte bis heute nicht geklärt werden. Es handelte sich um ein Gerät, in dem noch keine „gelben Brandbomben" eines bestimmten Fabrikates verwendet wurden.

In diesem Zusammenhang möchte ich meine Kollegen nochmals daran erinnern, in allen Geräten die bewußten gelben Entstörkondensatoren gegen graue auszutauschen, denn es soll auch dadurch schon Feuer gegeben haben.

Norbert Porcher

Prüfen von Infrarot-Fernbedienungen

Soll die Funktion einer Infrarot-Fernbedienung geprüft werden und ist kein passendes Fernsehgerät am Lager oder in der Werkstatt, steht der Techniker vor der Frage, ob der Fehler vielleicht doch im IR-Empfangsteil des Fernsehgerätes liegt.

Ein einfaches Hilfsmittel zur Überprüfung ist eine Infrarotdiode, die man an den Eingang eines Oszilloskops anschließt. Bestrahlt man die Diode mit der Fernbedienung, so kam man ohne Schwierigkeiten die Taktfrequenzen der verschiedenen Funktionen erkennen. Der Einfachheit halber habe ich mir eine Infrarotdiode eines defekten Gebers in einen BNC-Stecker gelötet, den ich bei Gebrauch nur aufstecken muß.

Ein Trick: Auch mit Hilfe einer Video-Kamera wird die Strahlung der Fernbedienung sichtbar.

Siegfried Lares

Ing. (grad.) Jürgen W. Schmidt

Alphanumerische Sendernamen-Anzeige

1. Teil

Bei UKW-Empfängern ist es wegen der relativ geringen Senderreichweite weder möglich noch sinnvoll, die Skala mit den örtlichen „Stammsendern" zu versehen. Seit einiger Zeit gibt es hochwertige Tuner, die eine Sendernamen-Anzeige mit fester Zuordnung zu einer Stationstaste bieten. Da es sich jedoch bei diesen Geräten durchweg um die obere Spitzenklasse handelt, dürfte dieser Luxus nur einer Minderheit zugänglich sein.

Die folgende Bauanleitung zeigt eine preiswerte Möglichkeit, jeden Empfänger mit Stationstasten nachträglich mit einer frei programmierbaren Sendernamenanzeige zu versehen.

Alphanumerisches Display

Das Display besteht aus vier Segmenten, die auf einem Keramiksubstrat untergebracht sind (Hewlett Pakkard 5082-7101). Je ein Segment besteht aus einer 7 × 5-LED-Matrix. Somit stehen für das gesamte Display 7 Zeilen und 20 Spalten zur Verfügung (*Bild 1*), der Sendername kann durch maximal vier alphanumerische Zeichen dargestellt werden. Außer Zahlen und Buchstaben lassen sich auch alle Sonderzeichen bilden. Der eigenen Kreativität sind keine Grenzen gesetzt.

Aufgrund der Matrixanordnung ist ein dynamisches Ansteuern des Displays erforderlich. Wegen der Organisation der verwendeten Speicher wurde ein Multiplexen über die Spalten gewählt.

Da eine Sendernamenanzeige nur sinnvoll ist bei fester Zurodnung zu Stationstasten, wird das Display automatisch abgeschaltet (disabled), sobald der Empfänger auf freie Senderwahl geschaltet wird.

Das Displaysubstrat befindet sich gemeinsam mit den Treibertransistoren für die Zeilen und Spalten sowie einigen Widerständen auf der Anzeigeplatine. Die elektrische Verbindung zur Speicherplatine erfolgt über DIL-Stekker und Flachkabel. Da sich die Treibertransistoren für die LED-Matrix auf der Anzeigeplatine befinden, also nur Steuersignale auftreten, ist die Länge des Verbindungskabels unkritisch. Auch ein Übersprechen auf tunerinterne Schaltkreise bei Verlegung des Kabels innerhalb des Empfängers wird dadurch vermieden.

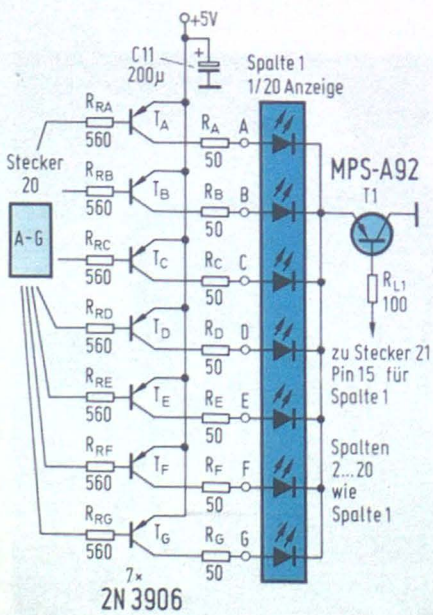


Bild 1. Schaltung der Anzeige-Einheit. Als Display wird der Typ 5082-7101 (Hewlett-Packard) verwendet

RAMs als Speicher

Als Speicher dienen zwei parallelgeschaltete statische RAMs (Intel 2101) mit der Organisation je 256 × 4 Bit (*Bild 2*). Es können also maximal 256 Bytes zu 8 Bit gespeichert werden. Allerdings werden wegen der 7 × 5-LED-Matrix nur 7 Bit benötigt. Da ein Sendername aus vier Segmenten zu je fünf Spalten (gleich 20 Bytes) besteht, können bis zu zwölf Namen gespeichert werden. Die restlichen 16 Bytes bleiben unbenützt.

Jeweils ein Name wird unter den Adressen 0...19, 20...39 usw. abgespeichert. Die acht Adresseneingänge der parallelgeschalteten RAMs erhalten ihre Informationen im BCD-Code von zwei kaskadierten 4-Bit-Synchronzählern mit Setzeingängen (IC 3, 6, 74193).

Das Speichern der Informationen erfolgt mit Hilfe einer weiteren Baugruppe, der Programmierplatine (*Bild 3*). Auf ihr befinden sich neben den Schaltern und Tastern für die Bedienung Adressen-LEDs zur besseren Orientierung während des Speichervorganges. Ferner beherbergt die Platine Elemente zur Tasterentprellung (IC 1) und einen 4-Bit-Binärzähler (IC 2). Die Verbindung der Programmierplatine mit der Speicherplatine erfolgt ebenfalls mittels Flachkabel mit unkritischer Länge.

Nach der Kurzbeschreibung der drei Baugruppen (Display, Speicherplatine und Programmierplatine) können wir auf die Funktionsbeschreibung der gesamten Anordnung eingehen.

Speichern unter zwölf Adressen

Durch Setzen des Schalters S5 (Programmiereinheit in Bild 3, im Folgenden PP genannt) in die On-Position werden die Signale für den manuellen Betrieb S, $\overline{S}$ auf der Speicherplatine (SP) aktiviert und gleichzeitig die internen Takteingänge disabled (unwirksam gemacht). Dies erledigt IC 9 auf der SP in Bild 2. Außerdem kann jetzt der logische Pegel für den Write-Befehl erzeugt werden.

Nachdem man die entsprechende Stationstaste für den gewünschten Sender gedrückt und diese Information, z. B. Taste T4 in den BCD-Code umgewandelt hat, gelangt diese 4-Bit-Information in einen Adressencodierer (wird später beschrieben), der sie in die erforderliche 8-Bit-Anfangsadresse (0, 20, 40 usw.) für den entsprechenden Sendernamen umwandelt. So würde also die Stationstaste Nr. 4 am Aus-

gang des Adressencodierers eine Speicherstartadresse 60 erzeugen und die Informationen für den kompletten Sendernamen befänden sich auf den Adressen 60...79. Der Speicherplatz für den letzten (zwölften) Sendernamen befindet sich auf den Adressen 220...239.

Schrittweise Eingabe der Sendernamen

Durch Betätigen des Tasters T4 wird das Signal „L" erzeugt, das die oben beschriebene Anfangsadresse aus dem Adressencodierer in den Adressenzähler (IC 3, IC 6, SP) lädt (IC 9 Pin 8, IC 8 Pin 6). Gleichzeitig wird durch das Signal „$\overline{L}$" der auf der PP befindliche Adressen- oder Spaltenzähler auf 0 gesetzt. Somit sind alle Vorbereitungen für die Programmierung der ersten Spalte getroffen.

Die ersten sieben Bit für die 1. Spalte links im Display werden nun auf dem 7fachen DIL-Schalter S1 eingestellt. Bei geöffnetem Schalter erscheint später das entsprechende LED der Anzeigematrix hell. Schalter S1-1 entspricht der obersten. Schalter S1-7 der untersten Matrix-LED einer jeden Spalte. Durch Betätigen von Taster S2 wird mittels des Signals R/W (Read/Write) die Information für die erste Spalte, also das erste Byte, in die entsprechende Anfangsadresse des Speichers geschrieben. Mit dem Schalter S3 und dem Signal „T" werden danach sowohl der Spaltenzähler auf der PP, als auch der Adressenzähler auf der SP um eine Stelle erhöht. Somit kann jetzt die Information für die zweite Spalte, nachdem sie an S1-1 bis S1-7 eingestellt wurde, in den Speicher geschrieben werden.

Hat man auf diese Weise alle 20 Spalten programmiert, so ist ein vollständiger Sendername abgespeichert. Um beim Programmieren nicht die Übersicht zu verlieren, zeigen vier LEDs auf der PP den jeweiligen Spaltenzählerstand im BCD-Code an, und zwar im ersten Durchgang die Adressen 0...15 und dann noch einmal 0...3 für die Spalten 17...20. Sind alle Sendernamen abgespeichert, so setzt man den Schalter S5 in die „Off"-Position, der Anzeigemodus beginnt.

Auslesen mit 20 kHz

Dies wird bewirkt von den Signalen „S" und „$\overline{S}$" am IC 9 auf der SP. Der zu einer gewählten Station gehörige Speicherplatz wird dabei kontinuierlich mit einer Taktfrequenz von ca. 20 kHz adressiert und ausgelesen. Ist beispielsweise Sender Nr. 4 gewählt, so werden die Adressen 60...79 ständig nacheinander ausgelesen, was im Folgenden näher beschrieben wird:

Mit jedem zwanzigsten Zählimpuls wird immer wieder die Anfangsadresse aus dem Adressencodierer in den Adressenzähler geladen. Die Bedingung für den zwanzigsten Zählimpuls wird durch den Zählerstand 9 des Demultiplexzählers (IC 12), über ein Gatter (IC 23, Pin 6) und $\overline{Q}$ des Flipflops (IC 11, Pin 7) gegeben. Diese beiden Signale werden durch IC 8 verknüpft und gelangen über IC 9 und IC 8 auf

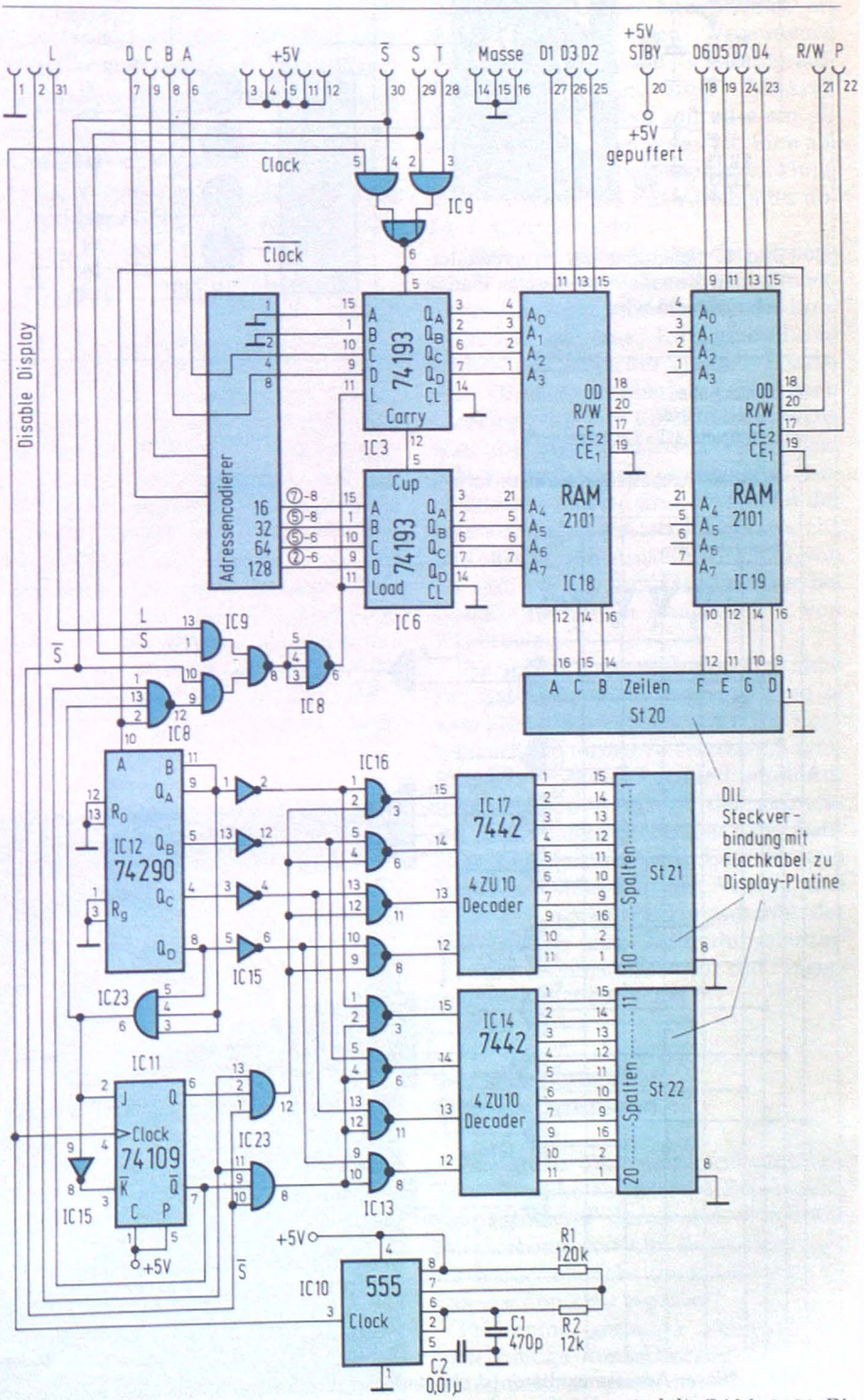


Bild 2. Gesamtschaltung der Speicher-Einheit. Zentrale Bausteine sind die RAMs 2101. Die einzelnen Baugruppen werden über DIL-Stecker mit Flachkabel verbunden

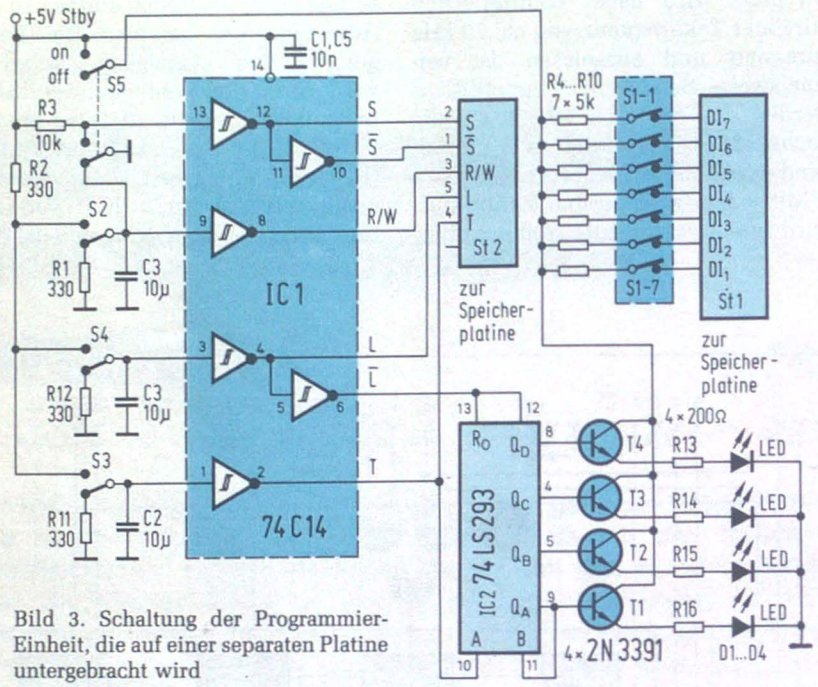


Bild 3. Schaltung der Programmier-Einheit, die auf einer separaten Platine untergebracht wird

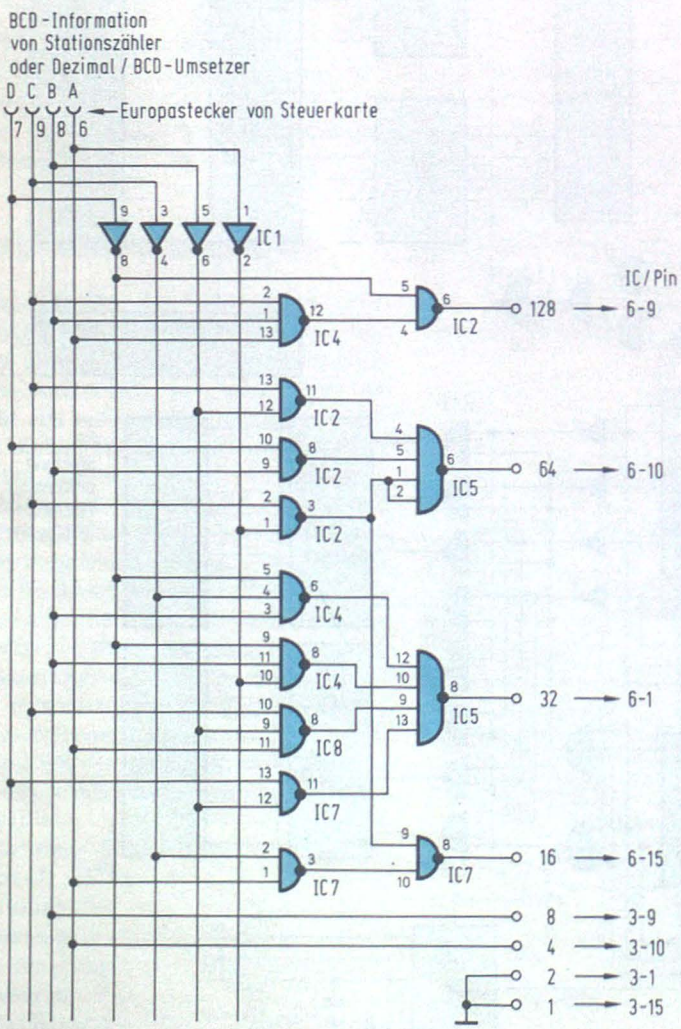


Bild 4. Dieser Adressencodierer ist ein statisches Logiknetzwerk. Es dient bei dem Ringzähler zum Abruf der einzelnen Sender

den LOAD-Eingang des Adressenzählers.

Der bereits erwähnte Adressencodierer ist ein rein statisches Logiknetzwerk (*Bild* 4). Er ist speziell für die Verwendung eines Ringzählers für den Abruf der einzelnen Sender konstruiert, d. h. er wandelt die 4-Bit-BCD-Information des Stationszählers in die entsprechenden Anfangsadressen 0, 20, 40 bis 220 für die Sendernamenspeicher-RAMs um. Bei Verwendung von oder Adaption an Stationstasten, also je eine pro Sender, muß der damit gegebene Dezimalcode in einen BCD-Code umgesetzt werden (siehe *Bild* 5).

Ein Taktgenerator, bestehend aus einem Timer vom Typ 555 (IC 10), erzeugt einen Takt von etwa 20 kHz bei einem Tastverhältnis von ca. 1 : 10 (10 % Low, 90 % High). Der Takt synchronisiert das Flipflop IC 11 und den Ladevorgang der Anfangsadresse in den Adressenzähler (IC 3, IC 6). Das invertierte Signal ist Zählimpuls für die Adressenzähler (IC 3, IC 6) und für den Demultiplexzähler (IC 12). Ferner steuert das invertierte Taktsignal den OD-Eingang (Output Disable) des Speichers (IC 18, IC 19) an. Dies bewirkt ein Sperren der Speicherausgänge während jeder Speicheradressen-Änderung. Dadurch wird ein Flimmern des Displays vermieden.

(*Fortsetzung folgt*)

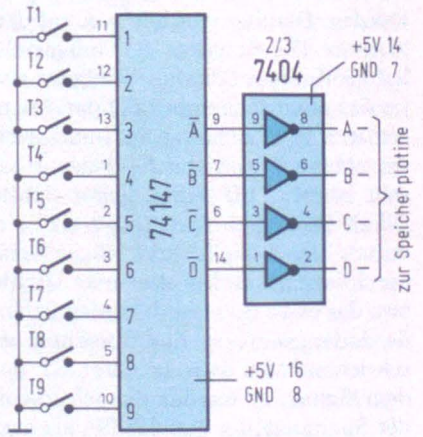


Bild 5. Einfacher Dezimal/BCD-Decoder für maximal neun Stationen, mehr werden meist nicht geboten. Die Schalter T1...T9 müssen mit der jeweiligen Stationstaste gekoppelt sein

Hans Dietrich Mayer

Ein Experimentierplattensystem

Bei der Entwicklung des Experimentierplattensystems XP 101 von Hirschmann wurde dem Entwickler auf die Finger gesehen. Gerade die Arbeit dieser Finger benötigt beim Schaltungsaufbau den größten Zeitanteil mit der Herstellung von Verbindungen zwischen den einzelnen Bauelementen. Für Steckverbinder-Experten ergab sich daraus die Aufgabenstellung, ein universelles Arbeitsmittel zu schaffen für den schnellen, lötfreien, kontaktsicheren und übersichtlichen Aufbau von Schaltungen der Elektronik

Studien mit verschiedenen Systemen zeigten den Weg auf, wie eine praxisgerechte Experimentierplatte für die Elektronik aufgebaut sein müsse. Der vorgesehene Anwendungsbereich war dabei vom professionellen Elektroniklabor über Schule und Ausbildung bis hin zum Selbststudium und dem ernsthaften Hobby-Entwickler.

Die Experimentierplatte (*Bild 1*) besteht aus 282 voneinander isolierten Stützpunkten, die jeweils aus vier Kontaktbuchsen bestehen. Es entstehen dadurch 1128 Kontaktstellen, in denen ein Verbindungskabel oder ein Bauelement zuverlässig kontaktiert werden kann. Die elektrisch zusammengehörigen Kontaktstellen, jeweils vier in einer Reihe, sind durch entsprechend aufgedruckte Linien auf der Oberfläche des Gehäuses gekennzeichnet und darüber hinaus in verschiedenfarbige Felder eingeteilt, so daß dem Entwickler stets ein übersichtliches Bild der Kontaktierungsmöglichkeiten vor Augen liegt. Eine Bezeichnung der Kontaktfelder A bis F und der Kontaktreihen 1 bis 47 gestattet es darüber hinaus, jeden einzelnen Stützpunkt genau zu definieren (für Schaltungsbeschreibungen oder für die Übertragung auf andere Schaltungsträger).

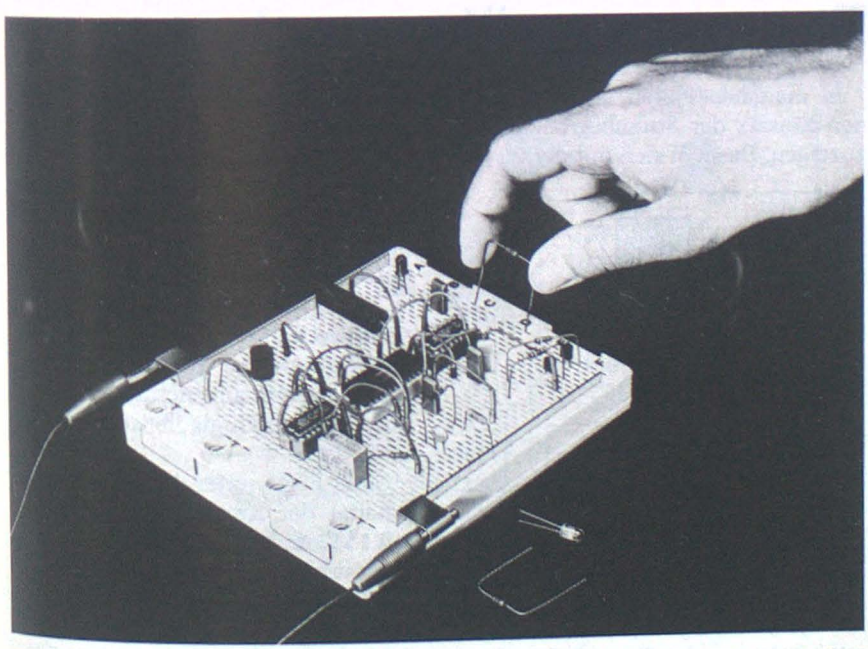


Bild 1. Insgesamt 1128 Kontaktstellen pro Experimentierplatte erlauben auch den Aufbau umfangreicherer Schaltungen

Vom Entwurf zum Aufbau

Bei Entwicklungsarbeiten kann das meist im Stromlauf aufgezeichnete Schaltbild direkt auf der Experimentierplatte aufgebaut werden. Ein im Zubehör enthaltenes Entwurfsblatt ermöglicht auch einen Vorentwurf, wenn der eigentliche Schaltungsaufbau entweder von einer Hilfskraft durchgeführt werden soll oder ein direkter Aufbau zu komplex ist. Eine abgeschlossene Schaltungsentwicklung kann mit Hilfe des Entwurfsblattes dokumentiert werden.

Unter der Oberfläche der Experimentierplatte und ihren 1128 Kontaktierungslöchern befinden sich die Kontaktfedersätze aus Kupferberylliumbronze. Je 2 Stück der Vierfach-Blattfedern (*Bild 2*) werden so gegeneinandergelegt, daß vier Kelchfedern entstehen, die zwar elektrisch verbunden, jedoch mechanisch unabhängig voneinander wirksam sind. Die Form der Kontaktzungen gestattet eine weiche Einführung von Anschlußdrähten von 0,4 mm bis 1,2 mm Durchmesser bei gleichzeitig hohem Kontaktdruck von 1 N (100 p).

Die Kontaktkraft verändert sich auch bei mehr als 5000 Steckvorgängen je Kontaktstelle praktisch nicht. Die Kontakte sind in einem versetzten 2,5-mm-Raster angeordnet, das durch seine Anlehnung an die Technik der gedruckten Schaltungen gut zu den dafür üblichen Bauelemente paßt. Das versetzte Raster hat außerdem den Vorzug, daß auch bei großer Packungsdichte der Bauelemente und Verbindungsleitungen die Zugänglichkeit für die Fingerspitzen bestehen bleibt.

Die physikalischen Grenzbelastungen

Der große Temperaturanwendungsbereich (siehe *Tabelle*) der Experimentierplatte wird durch den Kunststoff Polykarbonat erreicht. Es ist ohne weiteres möglich, Schaltungsaufbauten im Klimaschrank zu erproben.

Polkämme gestatten übrigens die gleichzeitige Kontaktierung von je 23 Stützpunkten, etwa zur Herstellung von Versorgungspotentialen. Jeder Polkamm hat an einem Ende eine 4-mm-

Buchse. Es gibt weiterhin Verbindungskabel in Längen von 40 und 150 mm mit 1-mm-Stecker an beiden Seiten. Verbindungsstecker (mit 3,5 mm und 5 mm Stiftabstand) ermöglichen es, in Reihe oder nebeneinander liegende Stützpunkte zusammenzuschalten.

Integrierte Schaltungen im Dual-in-line-Gehäuse oder im runden Gehäuse werden über Zwischenfassungen auf die Experimentierplatte gesteckt. Die Verbindung der Experimentierplatte zu peripheren Geräten ist sowohl über die am linken Rand angebrachte 4-mm-Buchsen mit jeweils vier Kontaktpunkten als auch über Verbindungskabel mit je einem 4-mm- und 1-mm-Stecker an jedem Ende möglich. Wenn die Zuschaltung weiterer Experimentierplatten notwendig ist, so können diese mit Hilfe der außen angebrachten Schwalbenschwanzführungen zu größeren Einheiten verbunden werden. Für größere und schwerere Bauelemente wie Potentiometer, Übertrager, Schalter, Halbleiter mit Kühlblechen usw. ist ein Befestigungsblech vorgesehen, das an der dem Experimentator abgewandten Oberseite mit zwei 4-mm-Schrauben befestigt wird.

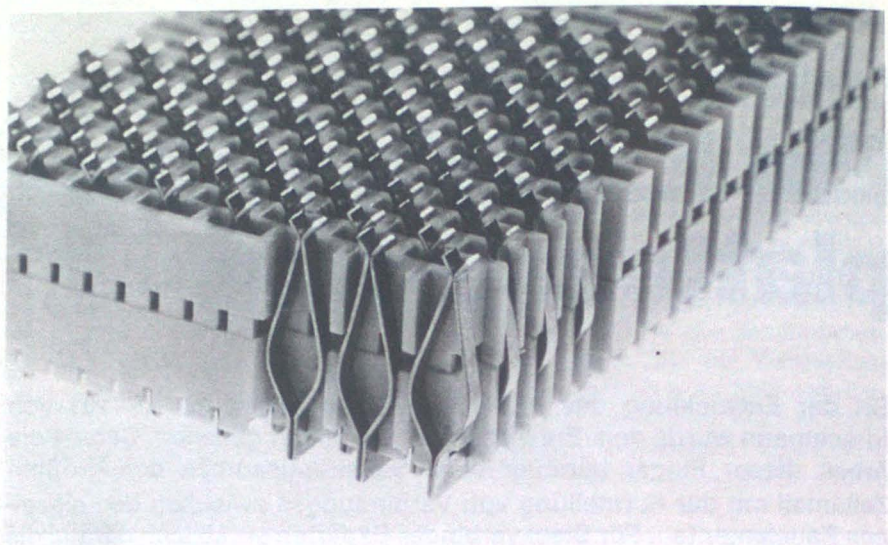


Bild 2. Die Kontaktfedersätze aus Berylliumbronze sind für lange Lebensdauer ausgelegt

Praktische Erfahrungen

Experimentierplatten haben sich in den Elektronik-Laboratorien gut eingeführt, auch wenn seriöse Techniker anfangs zauderten, den vertrauten „Drahtverhau" aufzugeben. Durch das lötfreie Experimentieren werden Halbleiter-Bauelemente geschützt.

Anwendungen im Nf-Bereich bis 30 kHz werfen keine besonderen Probleme auf. Für versierte Entwickler ist es unter Berücksichtigung der Daten der Experimentierplatte möglich, auch in wesentlich höheren (bis zu 600 kHz) Frequenzbereichen zu arbeiten. Im Anwendungsbereich Schule und Ausbildung zeigt die Experimentierplatte gegenüber anderen Baukastensystemen, insbesondere in Modultechnik, den Vorzug, daß die Bauelemente im Original eingesetzt werden. Gerade im Lehr- und Lernbereich ist die Kontaktsicherheit von Bedeutung, da der Lernende sich darauf verlassen kann, daß mögliche Fehlfunktionen einer Schaltung mit Sicherheit nicht durch mangelnde Kontaktgabe entstehen.

Für eine lange und zuverlässige Funktion der Experimentierplatte sei der Hinweis gegeben, daß auf und über der Experimentierplatte nicht gelötet werden sollte. Es ist bei aller Sorgfalt nicht zu vermeiden, daß bei solchen Arbeiten Zinnspritzer und -kügelchen wie auch Kolophoniumtröpfchen in die Kontaktierunglöcher geraten und die Funktion der Kontaktfedern behindern. Die Experimentierplatte als Haltevorrichtung zu verwenden ist zwar bequem, beeinträchtigt aber deren Zuverlässigkeit.

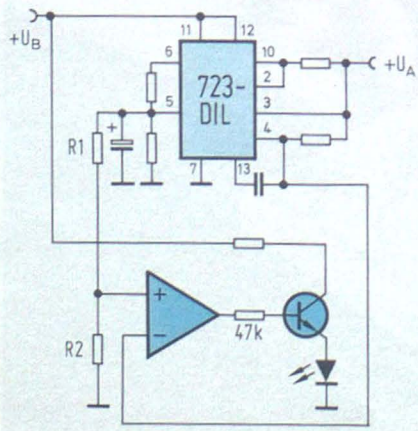
Tabelle: Grenzdaten des XP101

Maximaler Dauerstrom über einem Kontaktpunkt	5 A
Überschlagsspannung zwischen zwei Stützpunkten	> 2 kV
Betriebsspannung gemäß VDE 0100	< 65 V
Isolationswiderstand	$> 10^{12}\ \Omega$
Durchgangswiderstand je Kontaktpunkt	< 25 mΩ
Kapazität zwischen zwei Stützpunkten	< 5 pF
Temperaturbereich	−40° C...+100° C

Spannungsregler 723:

Begrenzungsüberwachung

In manchen Fällen ist es sinnvoll, den Einsatz der Strombegrenzung anzuzeigen. Das läßt sich mit der im *Bild* gezeigten Schaltung sehr einfach realisieren.



Zur Überwachung des Begrenzungs-Einsatzes kann von den Pins 4 und 5 des 723 ein Komparator angesteuert werden

Im Normalbetrieb liegen die Eingänge an den Pins 4 und 5 auf gleichem Potential. Im Begrenzungsfall sinkt die Spannung an Pin 4. Das wird ausgenutzt, um den Operationsverstärker (z. B. 741) anzusteuern, der als Komparator geschaltet ist. Um einen sicheren Low-Zustand zu gewährleisten, wird die Spannung am nichtinvertierenden Eingang geringfügig heruntergeteilt.

Sinkt Pin 4 unter diese Schwelle, so schaltet der Komparator. Werden R1 mit 1 kΩ und R2 mit 100 kΩ eingesetzt, dann erhält man eine Anzeige bei 1 % Spannungsrückgang. Die Schaltung ist bei jeder beliebigen Ausgangsspannung des 723 anwendbar.

Ulrich Engelke

Dieter Buttkus

Ein vielseitiges Hf-Prüfgerät

Der Trend vom selbstgebauten zum „selbstgekauften" Gerät ist im Hochfrequenzbereich unverkennbar, denn neben dem erforderlichen Grundwissen, sind Sorgfalt und ein Mindestmaß an Meß- und Prüfgeräten erforderlich, um zu positiven Ergebnissen zu kommen. Ein Hf-Prüfgenerator ist wohl unerläßlich, seine Einsatzmöglichkeiten sind jedoch beschränkt. Erst durch eine Reihe von Zusatzeinrichtungen kann er sinnvoll eingesetzt werden. Die hier beschriebene einfache Schaltung soll helfen, Prüfsender (und Frequenzzähler) vielfältig zu nutzen und eine Anregung für Amateure sein, sich vielleicht doch wieder etwas mehr der Konstruktion und dem Bau von Hf-Geräten zu widmen.

Kernstück der Schaltung ist eine einfache Demodulatorschaltung mit der Diode AA 119. Ihr Ausgang kann mit dem Schalter S1 entweder galvanisch oder kapazitiv an den integrierten Kleinleistungsverstärker LM 380 angekoppelt werden (*Bild 1*). Nach Verstärkung können am Ausgang L Wechselspannungssignale mit Kopfhörer oder Lautsprecher abgehört werden. Bei direkter Kopplung arbeitet der LM 380 als Gleichspannungsverstärker.

Ein Meßgerät in einer Brückenschaltung mit P2 zeigt Änderungen der Mittenspannung des ICs an. In einer dritten Schaltstellung von S1 schließlich wird der Ausgang des Demodulators mit einem Schwingkreis abgeschlossen. Die Diode arbeitet nun als Mischer. Die Differenzfrequenz zweier Eingangssignale wird von dem Schwingkreis als „Zwischenfrequenz" ausgesiebt.

Ein üblicher Miniatur-Zf-Einzelkreis für 455 kHz (Kreiskapazität 220 pF, Kennfarbe beliebig) bildet zusammen mit dem Glättungskondensator von 6,8 nF einen Kreis, dessen Resonanzfrequenz auf ca. 80 kHz heruntergezogen ist. Der Verstärker LM380 hat eine Bandbreite von über 100 kHz. Eine Frequenz von 80 kHz wird also noch verarbeitet und kann über die Ausgangsbuchsen einem Oszilloskop zugeführt werden.

Der Eingang A des Demodulators ist über die Anschlüsse 1 und 2 zugänglich. Zugleich liegt er aber auch am Kollektor einer Verstärkerstufe in Basisschaltung, deren niederohmiger Eingang B zu einer BNC-Buchse führt.

Dieser Verstärker besitzt eine Strom- und Spannungsgegenkopplung. Damit wird der Arbeitspunkt, der mit P1 einstellbar ist, von der Beschaltung des Kollektorkreises genügend unabhängig und braucht nicht nachgestellt zu werden. Wilde Schwingungen werden durch Ferritperlen in der Basis- und Kollektorleitung des Transistors sowie durch den 15 pF Kondensator parallel zum Emitterwiderstand verhindert. Der Kollektorkreis des Verstärkers wird entweder durch eine Koppelspule von einigen Windungen, oder durch kleine aufsteckbare Printplatten (A bis E) gebildet, die entsprechend der jeweiligen Anwendung leicht ausgewechselt werden können.

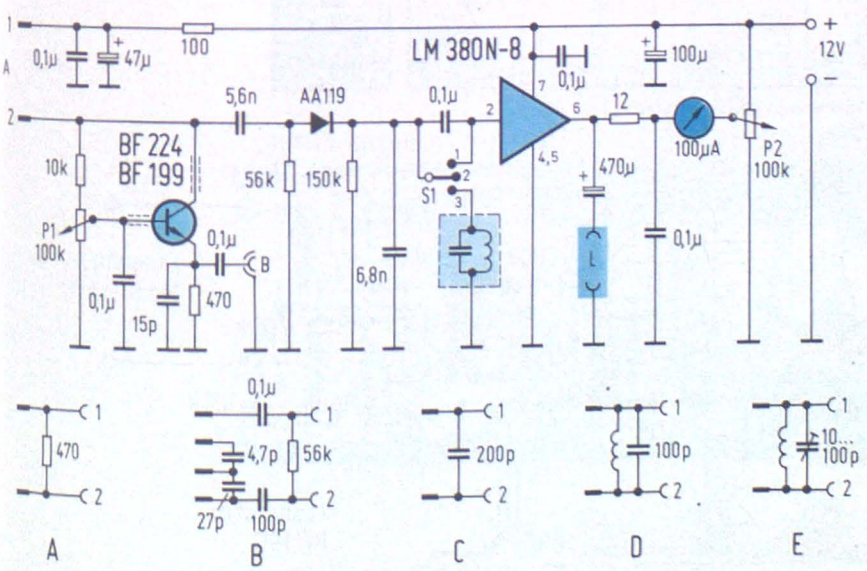


Bild 1. Die Schaltung des Hf-Prüfgeräts ist recht einfach. Es kann vielseitig eingesetzt werden, erfordert aber ein wenig Erfahrung beim Anwender

Der Aufbau ist unkritisch

Der Aufbau erfolgt zweckmäßig auf einer Print- oder Lochrasterplatte. Das Gehäuse kann aus Plastik oder Metall bestehen. Wichtig ist, daß die Eingänge A und B räumlich getrennt voneinander angeordnet werden, da sonst Schwingneigung besteht. Im Mustergerät führt Eingang A zu Lötnägeln, auf welche die Prints A bis E aufgesteckt werden können (*Bild 2*).

Das Meßgerät benötigt keine besondere Eichung, da es nur als Indikator verwendet wird. Instrumente bis ca. 1 mA Endausschlag sind geeignet. Das Brückenpotentiometer muß entsprechend dimensioniert werden. Für P2 gilt:

$$R = \frac{U_B}{I_{max}}$$

Es wird der nächst kleinere Normwert eingesetzt. Durch einen Vorwiderstand vor dem Instrument kann der Endausschlag so eingestellt werden, daß er kurz vor der Aussteuerungsgrenze des LM 380 liegt. (Dieser Widerstand ist in der Schaltung nicht eingezeichnet, bei der angegebenen Dimensionierung ist er überflüssig.) Das Meßgerät ist dadurch gegen Überlastung geschützt.

Der Schalter S1 ist ein einpoliger Umschalter mit Mittelstellung.

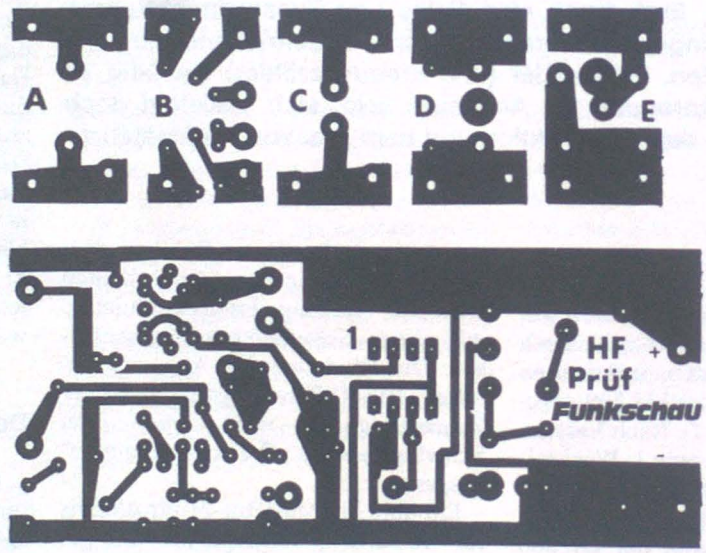
Der Abgleich des fertigen Gerätes ist einfach. Vor dem Anlegen der Betriebsspannung von ca. 12 V wird der Schleifer von P1 nach Masse gedreht, P2 wird in Mittelstellung gebracht. Nach dem Einschalten wird mit P2 der Nullpunkt des Instrumentes eingestellt. Nun wird Steckprint B aufgesetzt und mit einem hochohmigen Voltmeter die Spannung von Anschluß 2 des A-Einganges nach Masse gemessen. Wird P1 langsam verdreht, so sinkt die Spannung wegen des einsetzenden Kollektorstromes. Man stellt die Spannung auf ¼ der Betriebsspannung ein, dies ist ein guter Kompromiß für alle vorkommenden Betriebszustände des Transistors.

Die Anwendung des Gerätes

Hf-Indikator

Für Abgleicharbeiten an Sendern oder Antennen benötigt man einen Hf-Indikator, bei dem im allgemeinen eine Relativmessung ausreicht. Schalter S1 steht hierzu in Stellung 1. Eingang A ist mittelohmig. Schon eine Eingangsspannung von ca. 100 mV bewirkt Endausschlag des Anzeigeinstrumentes. Die Bandbreite reicht von ca. 10 kHz bis über 150 MHz. Die Ankopplung kann direkt oder über eine Koppelspule von einigen Windungen erfolgen. Die direkte Ankopplung ist nur in Ausnahmefällen zu empfehlen, erhebliche Fehler durch Verstimmung und Belastung sind meist die Folge.

Eingang B ist niederohmig und zum Anschluß von Koaxialkabeln geeignet. Auf Anschluß A wird die Steckplatine A mit 470 Ω gesteckt, der Kollektorkreis des Transistors wird dadurch geschlossen. Endausschlag des Instrumentes wird jetzt schon bei ca. 10 mV erreicht, die Bandbreite beträgt jetzt noch gut 30 MHz. Für größere Bandbreiten, bis in den VHF-Bereich hin-



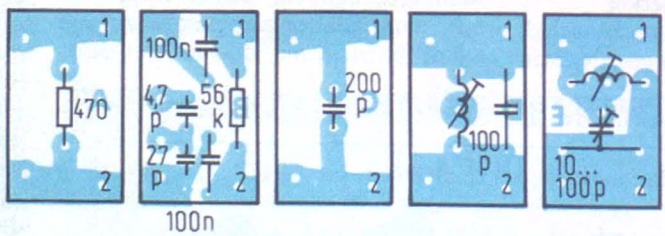
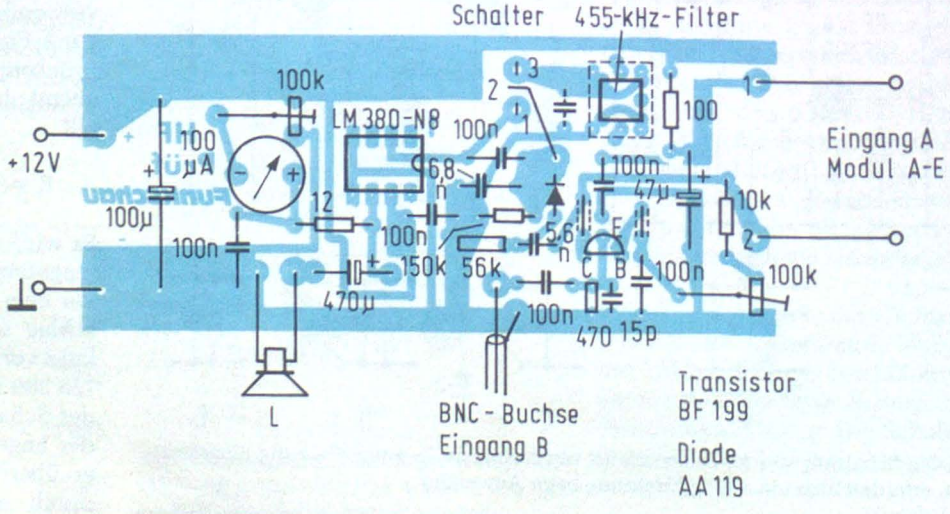


Bild 2. Die Schaltung kann wahlweise in ein Metall- oder Plastikgehäuse eingebaut werden. Einfache Lötnägel dienten beim Mustergerät zum Aufstecken der verschiedenen Prints. Je nach verwendetem Zf-Kreis kann es erforderlich sein, den Printentwurf geringfügig abzuändern



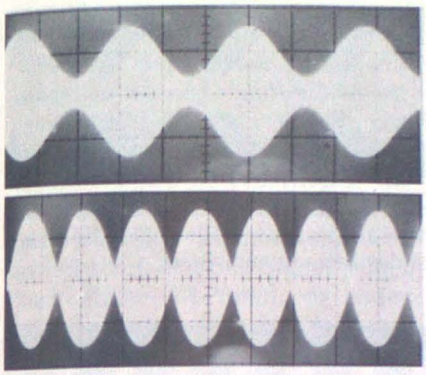


Bild 3. Selbst Signale im 145-MHz-Amateurband lassen sich durch die Frequenzumsetzung am Oszilloskop analysieren; hier ein SSB-Sender-Signal, Zweiton-Test (Fotos: Gerhard Hüttner)

ein, muß der Kollektorwiderstand auf dem Steckprint auf 100 Ω verkleinert werden. Die Empfindlichkeit sinkt entsprechend.

Ist die nachzuweisende Hf-Spannung in ihrer Frequenz bekannt, so wird ein Steckprint des Typs E eingesetzt. Der Schwingkreis wird auf die Meßfrequenz abgestimmt. Je nach dem L/C-Verhältnis und der Güte des Kreises, beträgt die Empfindlichkeit jetzt ca. 1 mV für Endausschlag.

Eine Antenne mit niedrigem Fußpunktwiderstand kann über ein Koaxialkabel direkt angeschlossen werden. Bei größerer Kabellänge sollten ungeradzahlige Vielfache von $\frac{\lambda}{4}$ elektrischer Länge vermieden werden, unvermeidliche Fehlanpassungen machen sich dann nicht so stark bemerkbar. Selbst mit kleinen Sendern sind so Feldstärkemessungen über Hunderte von Metern möglich. Mit P1 kann die Empfindlichkeit notfalls verringert werden.

Modulationsmonitor

Amplitudenmodulierte Signale können am Ausgang L mit Kopfhörer oder Lautsprecher abgehört werden. Schalter S1 wird hierzu in Stellung 2 gebracht.

Auch SSB-Sendungen können demoduliert werden, wenn zusätzlich der Prüfgenerator am noch freien zweiten Eingang eingekoppelt wird. Er wird genau auf die Sendefrequenz abgestimmt. Dabei muß das SSB-Signal sehr viel schwächer als das Prüfsendersignal sein, da sonst starke nichtlineare Verzerrungen auftreten.

Resonanzmeter

Bei dieser Anwendung soll die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen festgestellt werden. Hierzu ist ein Prüfsender mit möglichst genauer Frequenzanzeige (Zähler anschließen!) und veränderlicher Ausgangsspannung erforderlich. Der Prüfsender speist Eingang B. Schwingkreise mit großen Kreiskapazitäten können direkt an Eingang A angeschlossen werden. Im Resonanzfall ist der Ausschlag des Instrumentes am größten.

Um Fehlmessungen durch Oberwellen des Prüfgenerators zu vermeiden, muß die Resonanzstelle grundsätzlich mit *sinkender* Frequenz gesucht werden.

Bei geringen Kreiskapazitäten führt die Eingangskapazität unseres Prüfgerätes zu Fehlmessungen. Ist die Kreisspule unabgeschirmt und zugänglich, kann die Ankopplung induktiv erfolgen. An Eingang A wird eine Koppelspule angeschlossen, deren Durchmesser etwa dem der Kreisspule entspricht, die Windungszahl sollte ca. 1/10 der Windungszahl des zu messenden Schwingkreises sein. Hat man die Resonanzstelle gefunden, wird der Abstand der Koppelspule immer mehr vergrößert und der Prüfsender nachgestellt. Diese Meßmethode ist sehr genau und wird von keinem der üblichen „Grid-Dip-Meter" erreicht. Bei abgeschirmten Schwingkreisen ist dieses Verfahren leider nicht möglich. Die Ankopplung muß jetzt kapazitiv erfolgen. Hierzu wird Print B aufgesteckt und der Schwingkreis mit möglichst kurzen Leitungen zunächst über 100 pF angeschlossen. Ist die Resonanzstelle gefunden, wird die Koppelkapazität schrittweise durch Umstekken verkleinert, der Prüfsender wird dabei wieder jeweils nachgestimmt. Kommt es auf sehr große Genauigkeit an, muß zum Schluß direkt am Schwingkreis ein möglichst kleiner Kondensator angelötet werden, über den dann die letzte Messung erfolgt.

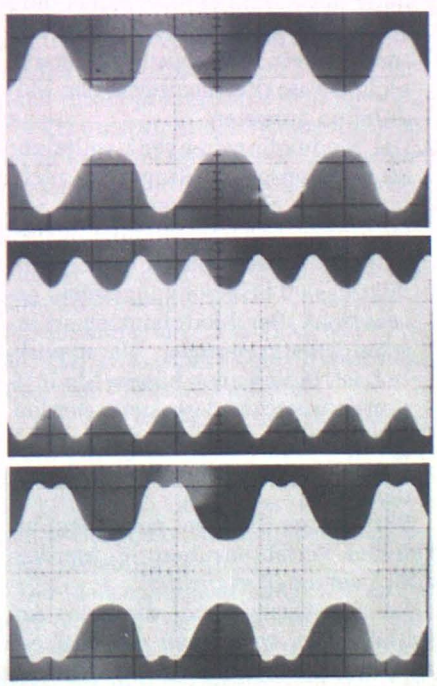


Bild 4. Durch Flankendemodulation lassen sich auch Schmalband-FM-Signale darstellen, hier von einem 27-MHz-CB-Sender

Quarzprüfung

Auch die Parallelresonanz von Quarzen kann gemessen werden. Hierzu wird wieder Print B aufgesteckt und der Quarz über 27 pF angeschlossen. Parallel zum Quarz, der sich zweckmäßig in seiner Fassung befindet, muß die vorgeschriebene Bürdekapazität gelötet werden, da sonst eine zu hohe Frequenz gemessen wird. Der Prüfsender muß ganz langsam durchgedreht werden, da die Resonanzspitze äußerst schmal ist. Oft ist auch dicht neben der Parallelresonanz noch die Serienresonanz des Quarzes als „Dip" nach unten feststellbar.

Bei Quarzen gleicher Frequenz und Bauart, kann ein Vergleich der Höhe des Zeigerausschlages als Maß für die Aktivität des Kristalles dienen.

L-C-Messungen

Induktivitäten und Kapazitäten können nach dem Resonanzverfahren gemessen werden.

Zur Messung von Induktivitäten wird Print C aufgesteckt. Der Prüfling wird parallel geschaltet und die Resonanzfrequenz des so gebildeten Schwingkreises gesucht. Die Induktivität „L" errechnet sich dann nach der Gleichung:

$$L_x = \frac{159^2}{f^2 \cdot C} \text{ [µH, MHz, pF]}$$

Die Eingangskapazität des Prüfgerätes beträgt ca. 10 pF. Dieser Wert sollte zur Kreiskapazität addiert werden, so wird eine größere Genauigkeit erzielt.

Die Messung von Kapazitäten kann leider nicht so einfach erfolgen. Die nur ungenau bestimmbare Eingangskapazität der Schaltung würde bei kleinen Kondensatoren den Meßfehler zu groß machen. Daher wird der Prüfling einem Schwingkreis bekannter Frequenz parallel geschaltet und die Frequenzänderung gemessen. Es gilt nun die Beziehung:

$$C_x = C_1 \left[\left(\frac{f_1}{f_x} \right)^2 - 1 \right] \quad \text{[pF, MHz]}$$

Hierin ist C_1 die ursprüngliche Kreiskapazität (Kondensator auf Print „D"

plus 10 pF Schaltkapazität) mit der Frequenz f_1. Die Frequenz f_x ist die neue Frequenz mit dem zugeschalteten Prüfling.

Bei Prüfsendern mit Digitalanzeige sind so Kapazitäten bis herunter zu 1 pF noch genügend genau zu messen, auch wenn die Eingangskapazität nicht genau bekannt ist.

Zur Messung wird Print D aufgesteckt. Er enthält einen vollständigen Schwingkreis. Der Kondensator ist ein Styroflexkondensator, die Spule ist auf einen Stiefelkörper von 5 mm Durchmesser gewickelt. Die Frequenz des Kreises kann um 10 MHz betragen. Zweckmäßig legt man sie an das obere Ende eines Prüfsenderbereiches, da sich die Frequenz ja beim Messen erniedrigt, so wird eine Bereichsumschaltung meist vermieden.

Wenn der Prüfsender entsprechend niedrige Frequenzen liefern kann, können Kondensatoren bis über 0,1 µF gemessen werden. Allerdings gibt es für höhere Kapazitäten einfachere und bequemere Meßverfahren.

Frequenzmesser

Der direkte Anschluß von Frequenzzählern an Oszillatoren ist in der Regel nur über Pufferstufen möglich, die dann aber immer in der Schaltung verbleiben müssen. Praktisch ohne jede Frequenzverwerfung arbeitet die Frequenzmessung nach dem Überlagerungsverfahren.

Print B wird aufgesteckt, Schalter S1 in Stellung 2, Anschluß eines Kopfhörers an Ausgang L, der Prüfsender (mit Frequenzzähler) liegt an Eingang B. Das Prüfgerät wird in die Nähe des zu messenden Oszillators gestellt. Beim Durchdrehen des Prüfsenders (wieder von oben nach unten) wird ein deutlicher Überlagerungston hörbar, der bei Frequenzgleichheit durch Schwebungsnull geht. Aber Vorsicht! Oberwellen *beider* Oszillatoren können hier ganz schön narren. Man sollte schon ungefähr wissen, auf welcher Grundfrequenz der Oszillator schwingt.

Hat der zu prüfende Oszillator nur eine sehr geringe Strahlung, so wird an Print B eine kleine Koppelspule angeschlossen, die in die Nähe des Prüflings gebracht wird.

Noch empfindlicher wird die Meßschaltung, wenn auf Eingang A Print E mit einem Schwingkreis aufgesteckt wird, der ungefähr auf die Meßfrequenz abgestimmt ist. Zugleich ist jetzt auch ein gewisser Schutz gegen Fehlmessungen durch Oberwellen gegeben. Mit einer lose angekoppelten Antenne können sogar stärkere Kurzwellensender in CW oder SSB aufgenommen werden.

Frequenzumsetzer

Ein Oszilloskop ist ein vorzügliches Hilfsmittel zur Einstellung und Beurteilung der Modulation von AM- und SSB-Sendern. Nur haben meistens die preiswerten Oszilloskope keine ausreichende Bandbreite des Y-Verstärkers, um diese Messungen im oberen KW-Bereich direkt durchführen zu können. Die Sendefrequenz muß daher in einen niedrigeren Bereich umgesetzt werden.

Wird der Schalter S1 unseres Prüfgerätes in Stellung 3 gebracht, arbeitet die Diode zusammen mit dem 80-kHz-Schwingkreis als Mischer. Der zu testende Sender wird an Eingang A eingekoppelt. Dies kann mit Hilfe von Print B oder einem Schwingkreis auf Print E geschehen. Der Prüfsender liegt an Eingang B. Ausgang L wird mit einem Oszilloskop verbunden. Die Frequenz des Prüfsenders wird 80 kHz über oder unter die Sendefrequenz gelegt. Die Differenzfrequenz beider Sender wird vom 80-kHz-Schwingkreis ausgesiebt und im LM 380 verstärkt. Auf dem Oszilloskop erscheint bei richtiger Einstellung des Prüfsenders und bei geeigneter Ablenkfrequenz, ein Schwingungsband, dessen Hüllkurve genau der Modulation des zu prüfenden Senders entspricht. Es ist dabei jedoch zu beachten:

1. Die an der Diode anliegende Spannung des modulierten Senders muß wesentlich geringer als die des Prüfsenders sein, da sonst sehr starke nichtlineare Verzerrungen der Modulation auftreten.
2. Die Modulationsfrequenz sollte zur Modulationsgradbestimmung nicht über 1 kHz gewählt werden. Die Seitenbänder höherer Modulationsfrequenzen werden durch die Selektivität des 80-kHz-Schwingkreises geschwächt. Der Modulationsgrad erscheint dann geringer, als er wirklich ist. Sollen auch höhere Modulationsfrequenzen dargestellt werden, so ist der Schwingkreis durch einen Parallelwiderstand zusätzlich zu dämpfen.

SSB-Sender können nach den bekannten Verfahren überprüft werden, z. B. Zweiton-Test (*Bild 3*).

Im Gegensatz zum direkten Anschluß eines geeigneten Oszilloskops an den Sender kann jetzt auch Schmalbandfrequenzmodulation auf dem Schirm sichtbar gemacht werden. Wird einer der Sender nämlich ein wenig

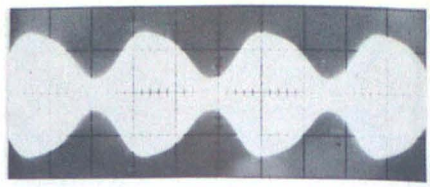


Bild 5a. Ein 27-MHz-Fernsteuersender mit AM-FM-Mischmodulation. Die Hüllkurve ist deutlich unsymmetrisch

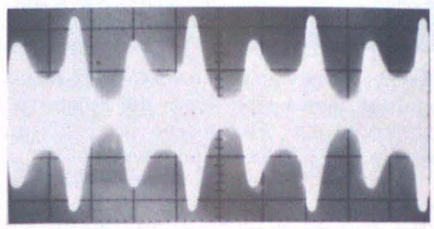


Bild 5b. Ein anderer 27-MHz-Fernsteuersender (FM ±6 kHz, AM ca. 30%)

verstimmt, so rutscht die Mischfrequenz auf die Flanke des 80-kHz-Kreises, dort wird sie in Amplitudenmodulation umgewandelt. Eine Beurteilung der Modulationslinearität ist allerdings nur mit Vorbehalt möglich, da in die Kurvenform der Hüllkurve die nichtlineare Flanke des 80-kHz-Kreises mit eingeht (*Bild 4*). Jedoch läßt sich der Frequenzhub recht genau bestimmen.

Frequenzhubbestimmung

Wird ein frequenzmoduliertes Signal genau auf die Kuppe eines Schwingkreises abgestimmt, so erscheint in der Hüllkurve die doppelte Modulationsfrequenz, da nun auf beiden Flanken die Modulationsumwandlung erfolgt.

Bei langsamer Verstimmung von der Kuppe auf eine Flanke verschwindet die Frequenzverdoppelung allmählich. Der Übergang ist deutlich und definiert zu sehen.

Ist z. B. eine Frequenzverschiebung von 5 kHz erforderlich, um die Frequenzverdoppelung in der Hüllkurve zum Verschwinden zu bringen, so beträgt der Frequenzhub ziemlich genau ±5 kHz. Auch größere Frequenzhübe können auf diese Weise, unabhängig von der Bandbreite des 80-kHz-Kreises, bestimmt werden.

Mischmodulation

Eine Mischmodulation aus AM und FM tritt häufig bei einfachen Fernsteuersendern auf. Sie ist im allgemeinen unerwünscht und kann ebenfalls auf dem Schirmbild erkannt werden.

1. AM mit störender FM
   Wenn ein Sender sauber mit AM moduliert ist, ohne zusätzliche Frequenzmodulation, so ändert sich beim Durchstimmen über die Resonanzkurve des 80-kHz-Kreises nur die Amplitude des Schwingungszuges, die Hüllkurve bleibt weitgehend unverändert. Hat das Signal jedoch noch einen FM-Anteil, so ändert sich die Symmetrie der Hüllkurve sehr deutlich beim Übergang von einer Flanke auf die andere (*Bild 5a*).
2. FM mit störender AM
   Wie schon gesagt, erscheint die Hüllkurve eines FM-Signals bei genauer Abstimmung auf der Kuppe des 80-kHz-Kreises, mit der doppelten Modulationsfrequenz. Wird mit einem Sinuston moduliert, so sind die Täler der Hüllkurve alle gleich tief. Bei zusätzlicher Amplitudenmodulation folgt einem tiefen Tal immer ein weniger tiefes. Der Unterschied in der Taltiefe ist ein Maß für den unerwünschten AM-Anteil (Bild 5b).

Einige kritische Bemerkungen

Einige kritische Bemerkungen seien zum Schluß noch angefügt. Das Gerät kann nur so gut sein wie der verwendete Prüfgenerator. Wichtig sind exakte Abstimmung und einstellbare Ausgangsspannung. Einfachere Sender können durch Zuschalten eines Frequenzzählers aufgewertet werden. Wer ernsthafter arbeiten will, sei auf den Surplus-Markt hingewiesen. Oft werden dort hochwertige Geräte zu durchaus erschwinglichen Preisen angeboten, die schon das Prädikat „Meßsender" verdienen.

Bei Batteriebetrieb sollte das IC LM 380 durch den Typ LM 386 ersetzt werden, denn dieser arbeitet noch bei 6 V zufriedenstellend. Die andere Pinbelegung ist dabei zu beachten! Das beschriebene Prüfgerät ist vor allem für den Kurzwellenbereich bis ca. 50 MHz gedacht. Trotzdem sind viele Messungen bis über 150 MHz möglich. Jedoch ist dann größte Vorsicht geboten. Koppelspulen und Zuleitungen bilden mit den Schaltkapazitäten jetzt selbst Schwingkreise, und häufig ist durchaus nicht leicht zu entscheiden, was man eigentlich gerade mißt. Das Konzept der Schaltung eignet sich auch für VHF. Soll speziell in diesem Bereich gearbeitet werden, ist auf kürzeste und VHF-mäßige Leitungsführung auf der Platine zu achten, wenn man es nicht vorzieht, wenigstens den Hf-Teil frei zu verdrahten. Alle Kondensatoren nach Masse sollten im Hf-Teil durch induktionsarme Typen von 1 nF ersetzt werden. Für die Steckplatinen muß eine induktions- und kapazitätsärmere Lösung gefunden werden.

Stichworte zum Inhalt

Hf-Indikator, Resonanzmeter, Quarzprüfer, L-C-Meßgerät, Modulationsmonitor, Frequenzmesser, Frequenzumsetzer

Messung der Transistor-Stromverstärkung

Die Stromverstärkung eines Transistors ist definiert als das Verhältnis von Kollektor- zu Basisstrom:

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Ist in der angegebenen Schaltung (*Bild*) der Querstrom durch das Instrument Null (abgeglichene Brücke) gilt:

$$\left.\begin{aligned} I_C &= \frac{U_2}{R_C} \\ I_B &= \frac{U_2}{R_B} \\ B &= \frac{R_B}{R_C} \end{aligned}\right\} \text{ für } I_I = 0,\ \text{d. h. } U_1 = U_2$$

Da der Kollektorwiderstand R_C = R1 konstant bleibt, ergibt sich:

$$B \sim R_B \quad \text{für } R_C = \text{konst.}$$

d. h. die Stromverstärkung des zu messenden Transistors ist dem Basiswiderstand direkt proportional. Mit R_C = R2 = 1 kΩ entspricht der Widerstand von R_B, in kΩ gemessen, direkt der Stromverstärkung. Die Stellung des Potentiometers P1 (mit linearer Kennlinie) läßt sich somit direkt in B-Werten kalibrieren. Zu beachten ist hierbei, daß der Schutzwiderstand R1 = 10 kΩ eine Verschiebung um 10 bewirkt. Mit P1 = 500 kΩ ist es somit eine B-Wertmessung von 10 bis 510 möglich.

Will man die Meßgenauigkeit erhöhen, wählt man P1 = 100 kΩ und erhält damit einen B-Meßbereich von 10 bis 110. Durch Zuschalten von Widerstands-Dekaden läßt sich der Meßbereich beliebig erweitern.

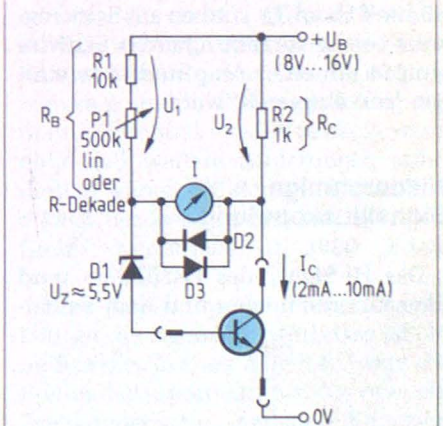
Die Meßgenauigkeit hängt weiterhin stark von dem genauen Abgleich der Brücke (I_I = 0) ab. Vor allem bei großen B-Werten sind der Basisstrom und der Querstrom sehr klein. Deshalb sollte man möglichst ein Instrument –10/0/+10 µA verwenden. Die Dioden D2 und D3 verhindern eine Überlastung des Meßwerkes bei großer Brückenungleichheit, z. B. bei einem defekten Transistor.

Da die Stromverstärkung eines Transistors vom Arbeitspunkt abhängig ist, müssen die Kollektor-Emitterspannung und der Kollektorstrom festgelegt werden.
In der Schaltung ist:

$$U_{CE} = U_Z + U_{BE}$$

d. h. die Kollektor-Emitterspannung ist mit der Zenerdiodenspannung wählbar, und

$$I_C = \frac{U_B - U_{CE}}{R_C}$$



Am Widerstandsverhältnis R_B zu R_C kann die Stromverstärkung des zu prüfenden Transistors direkt abgelesen werden

d. h. der Kollektorstrom kann mit der Betriebsspannung variiert werden.

Für U_Z = konst. und U_B = konst. ergeben sich für Vergleichsmessungen konstante Arbeitspunkte. Bei PNP-Transistoren sind die Betriebsspannung und die Zenerdiode umzupolen!

Wolf Beheim-Schwarzbach

Karl-Wilhelm Dugge

Einfacher Prüfsender

Einer Anregung aus der FUNKSCHAU 1978, Seite 898, folgend wurde ein Prüfsender entwickelt, der mit geringen und handelsüblichen Mitteln aufzubauen ist und zahlreiche nützliche Dienste, z. B. bei dem Abgleich von Empfängern, Aufnahme von Hf-Verstärker-Durchlaßkurven, Breitbandverstärker-Entwicklung usw. leistet. Für all diese Zwecke ist es erforderlich, einen Prüfsender zur Verfügung zu haben, der einen niederohmigen (50-Ω-)Ausgang besitzt.

In der Gesamtschaltung bilden T1 und T2 zusammen mit dem Drehkondensator C1 und den Spulen L1 bis L4 den Oszillator (*Bild 1*). T1 arbeitet in Basisschaltung; die Rückführung erfolgt über C3 und den als Emitterfolger geschalteten Transistor T2. Die Widerstände R1 und R5 dienen zur Einstellung des Gleichstromarbeitspunktes für beide Transistoren. Die 56-Ω-Basisvorwiderstände R2, R4 (und auch R9 und R10) sind zur Unterdrückung der Eigenschwingneigung der Hf-Transistoren erforderlich.

Durch Verändern des Stromes durch den gemeinsamen Emitterwiderstand R6 für T1 und T2 können am Schwingkreis leicht verzerrungsarme Schwingungen mit einer Amplitude von einigen Volt eingestellt werden.

Niederohmige Signalauskopplung

Das Hf-Signal des Oszillators wird über C4 entnommen und dem Feldeffekt-Transistor T3 zugeführt. Dadurch ist eine kapazitätsarme und nahezu rückwirkungsfreie Ankopplung der Endstufe T4 an den Schwingkreis möglich. Zur Einstellung des Arbeitspunktes der beiden Transistoren T3 und T4 dienen die Widerstände R7 und R8 zusammen mit R14 und R12 bzw. R13.

Um eine in bezug auf den Frequenzgang des Endverstärkers unkritische niederohmige Signalauskopplung zu erreichen, liegt der Hf-Ausgang im Kollektorkreis von T4. Über C9 wird das Signal einer Gleichrichterschaltung D1, D2, C10, C11, R15 zugeführt. Die hier entstehende, Hf-amplitudenproportionale Gleichspannung steuert den aus T5 und T6 bestehenden Regelverstärker an: Ohne Hf-Signal wird T6 über R16 durchgesteuert, so daß sich die größtmögliche Betriebsspannung am Oszillator T1, T2 einstellt. Die dadurch entstehende (zu große) Hf-Amplitude steuert über den Gleichrichter D1, D2 den Transistor T5 an. Dieser übernimmt einen Teil des von R16 als Basisstrom für T6 gelieferten Stromes, wodurch die Oszillator-Betriebsspannung und damit die Hf-Amplitude sinkt. Ein Gleichgewichtszustand dieser Regelschleife stellt sich ein bei einer Hf-Amplitude von ca. 800 mV_{ss} am Kollektor von T4.

Damit liegt am Hf-Spannungsteiler P (hier im Schaltbild symbolisch durch ein einfaches Potentiometer angedeutet) im Leerlauf ein Viertel dieser Spannung, d. h. ca. 200 mV_{ss}. Bei dem im höchsten Frequenzbereich (50...160 MHz) auf jeden Fall erforderlichen sauberen 50-Ω-Abschluß des 50-Ω-Ausgangskabels steht dann eine Hf-Spannung von ca. 100 mV_{ss} am Kabelende zur Verfügung, die durch den Ausgangsteiler P (50 Ω, Fa. Preh) auf den gewünschten Wert reduziert werden kann.

Wer keine einstellbare Ausgangsamplitude braucht oder aus anderen Gründen auf den nicht gerade billigen Hf-Spannungsteiler verzichten will, kann anstelle von P auch einen 50-Ω-Festwiderstand R17 einsetzen. Auch dann kann man noch eine in gewissen Grenzen wählbare Ausgangsspannung erhalten. Dazu legt man C9 für den Gleichrichter statt an den Kollektor an den Emitter von T4. Man hat dann allerdings unter Umständen einen geringfügigen Amplituden-Rückgang bei den höchsten Frequenzen hinzunehmen. Den Arbeitswiderstand für T4 bilden dann R17, R11 und R12. Eine Erhöhung der Ausgangsspannung kann man also erreichen, indem man R11 durch eine Drahtbrücke auf der Leiterplatte ersetzt. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß auch dann (bei versehentlichen Kurzschlüssen) am Ausgang T4 nicht überlastet wird. Die Arbeitspunktunterschiede, die sich

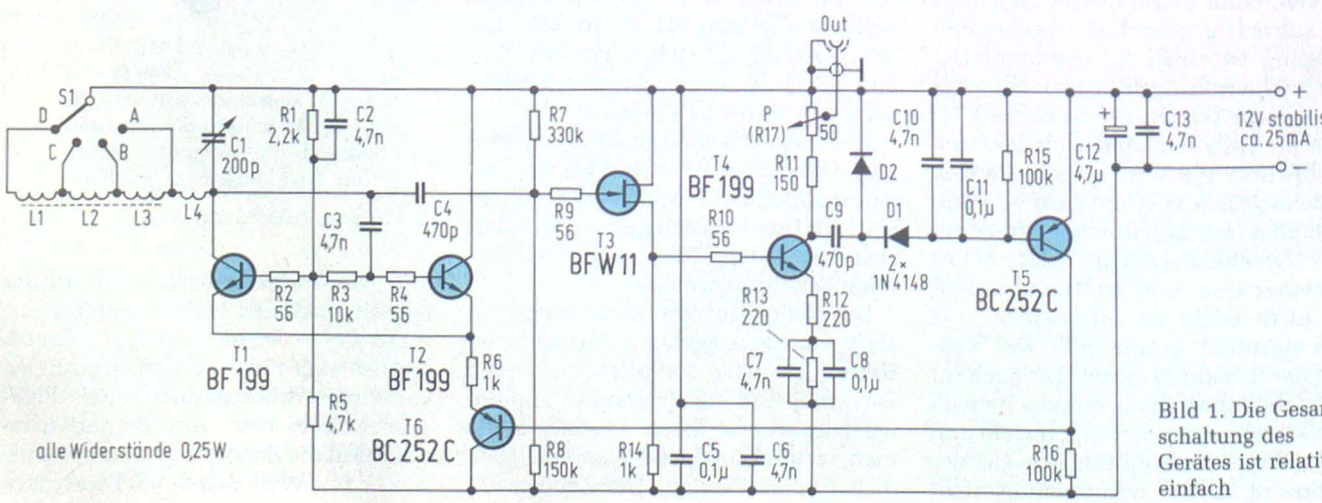


Bild 1. Die Gesamtschaltung des Gerätes ist relativ einfach

durch die großen Exemplarstreuungungen von T3 ergeben können, sind dabei berücksichtigt. Wünscht man eine kleinere Ausgangsamplitude, so beläßt man R11 in der Schaltung und läßt die Kondensatoren C7 und C8 weg. Eine weitere Verringerung ergibt sich durch beliebiges Verkleinern von R17. Dann stimmt aber die Anpassung an das 50-Ω-Ausgangskabel nicht mehr. Diese Maßnahme dürfte daher für Frequenzen oberhalb 50 MHz kaum in Betracht kommen.

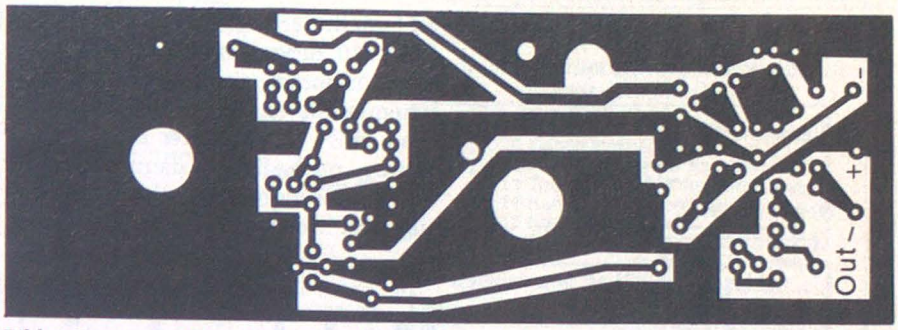


Bild 2. Die Leiterplatte des Meßsenders im Maßstab 1 : 1

Aufbau mit Sorgfalt

Die gesamte Schaltung kann auf einer Leiterplatte nach *Bild 2* untergebracht werden. Die Hauptabmessungen ergeben sich aus *Bild 3*. Die Bohrung 8 mm ∅ dient zur Aufnahme des Drehkondensators, die Bohrung 7,5 mm ∅ dem Stiefelkörper für die Spulen L1 bis L3. In die Bohrung 10 mm ∅ wird der Bereichschalter S1 eingesetzt, mit dem mit einer zweiten Mutter die Leiterplatte auch an der Frontplatte befestigt wird. Den Bestückungsplan der Leiterplatte zeigt *Bild 4*. Die Daten der Spulen L1...L4 sind in *Bild 5* angegeben. Mit diesen Spulendaten ergibt sich ein Gesamtfrequenzumfang von 2...160 MHz, der in vier sich überlappende Einzelbereiche aufgeteilt ist.

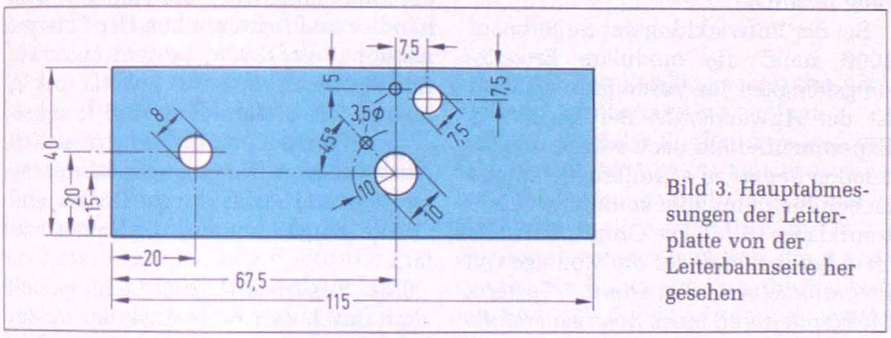


Bild 3. Hauptabmessungen der Leiterplatte von der Leiterbahnseite her gesehen

Kritisch ist der Aufbau der „Spule" L4, die aus der Leiterschleife vom Drehkondensator zum Bereichschalter gebildet wird. Um den Abstand dieser Leiter zueinander zu fixieren, dienen drei Stückchen Hartpapier mit 1,5-mm-Ø-Bohrungen in 10 mm, bzw. 2,5 mm Abstand, die mit einem Tropfen Schnellkleber auf den Leitern befestigt sind.

Das so aufgebaute Gerät kann in einem Gehäuse mit den Außenabmessungen 45 × 120 × 75 mm³ untergebracht werden, wenn man den Hf-Spannungsteiler und die BNC-Ausgangsbuchse auf der Rückseite anbringt. Wie das Aufbaubeispiel *Bild 6* zeigt, ist selbst dann noch ausreichend Platz für ein Netzgerät vorhanden (Netztrafo 220 V : 15 V/1 VA, Brükkengleichrichter, Siebelko, Spannungsregler 7812). In dem Mustergerät wird die Gleichspannung über eine Klinkenstecker-Buchse (+ an Masse!) zugeführt. Das hat sich in der Praxis bei diesem und ähnlichen Geräten sehr bewährt: Eine einstellbare Gleichspannungsquelle dürfte ohnehin bei jedem Nachbau-Interessierten vorhanden sein. Ein einmal angefertigtes Anschlußkabel von Klinken- auf Bananenstecker dient dann zur Versorgung dieser Kleingeräte, ohne daß an jedem Gerät die (beim Wegstellen) lästige Netz- oder sonstige Versorgungsstrippe rumhängt. Aufgrund seiner kleinen Abmessungen kann der Meßsender aber auch mit Zähler und Vorteiler (z. B. aus der Funkschau-Mini-Serie) zur Frequenzanzeige in einem Gehäuse zusammengebaut werden. Der Vorteiler-Eingang liegt über den Umschalter direkt an Kollektor T4 und nicht an der Meßsender-Ausgangsbuchse. Man erhält dann auch bei kleinsten Ausgangsspannungen noch eine Frequenzanzeige.

Änderungs- und Erweiterungsmöglichkeiten

Auf die Möglichkeit, auf den Hf-Spannungsteiler zu verzichten, wenn nur ein Festspannungs-Ausgang erforderlich ist, wurde schon bei der Schaltungsbeschreibung hingewiesen. Der Anschluß von C9 an den Emitter von T4 (statt an den Kollektor) kann, falls erforderlich, einfach dadurch bewerkstelligt werden, daß dann das eine Kondensatorbein von C9 mit R12 gemeinsam in die Platinenbohrung am Emitteranschluß von T4 gesteckt wird, ohne daß weitere Änderungen erforderlich wären. Ein Bausatz wie in Bild 6 kann bezogen werden von Utz Kohl GmbH, Nordstraße 10, 2900 Oldenburg.

Eine Anpassung der Frequenzbereiche auf die eigenen Bedürfnisse ist ohne Schwierigkeiten möglich, wenn die Spulendaten geändert werden oder ein Drehkondensator anderer Kapazität

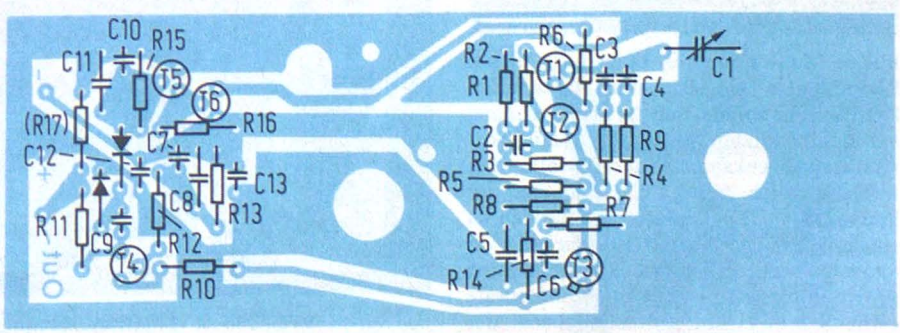


Bild 4. Bestückungsplan. Die Ziffern an den Bauelementen entsprechen den Bezeichnungen im Schaltbild

Bild 5. Wickeldaten der Spulen L1 bis L3 und Maße der Induktivität L4

verwendet wird. Bei einer Erweiterung nach hohen Frequenzen hin empfiehlt es sich, den Schwingkreis möglichst verlustfrei aufzubauen (Keramik-Luft-Drehko, verlustarme Spulen). Außerdem sollten für D1 und D2 dann spezielle, für den gewünschten Frequenzbereich geeignete Hf-Dioden verwendet werden. Man erhält sonst eine mit der Frequenz ansteigende Ausgangsspannung, weil durch den Frequenzgang der Dioden auch die Amplituden-Stabilisierung unwirksam wird.

Wer sich die – besonders am hochfrequenten Bereichsende je nach Plattenschnitt des verwendeten Drehkos – unter Umständen recht diffizile Einstellung einer bestimmten Frequenz erleichtern möchte, kann entweder einen kleinen Drehko (ca. 30 pF) parallel zu C1 legen und für die Feineinstellung von außen zugänglich zu machen, oder einen Drehkondensator mit eingebauter (spielfreier!) Übersetzung 1 : 3 oder gar 1 : 10 zu verwenden. Solche Drehkondensatoren sind häufig überraschend preiswert zu erhalten. Die Bohrung „8 Ø" muß in ihrer Lage auf der Platine nach Bild 3 dann natürlich dem verwendeten Drehkondensator angepaßt werden. – Auch ein Bedienungsknopf mit eingebauter Übersetzung („Feintrieb") bringt schon erhebliche Erleichterung.

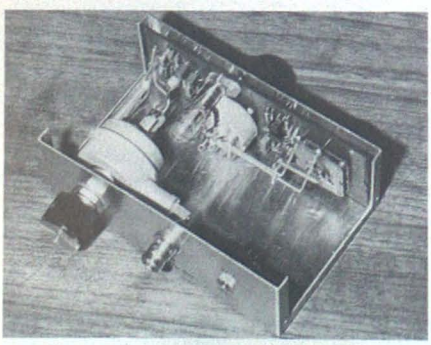


Bild 6. So werden die Einzelteile in ein Kleingehäuse eingebaut. In Einzelfällen kann es vorkommen, daß die Eigenresonanz der nichtbenutzten Spulen (Spuleninduktivität und Eigenkapazität der Spule) in den Betriebsbereich fällt, z. B. Resonanz der Spulen L1 + L2 + L3, wenn der Bereich L4 eingeschaltet ist. Wenn diese, nur auf eine diskrete Frequenz beschränkte Erscheinung auftritt und stört, muß mit einer (im Bausatz enthaltenen) zweiten Schalterebene der nichtbenutzte Spulenteil jeweils abgeschaltet werden

Stichworte zum Inhalt
Oszillator, Gleichstromarbeitspunkt, Signalauskopplung, Amplituden-Stabilisierung

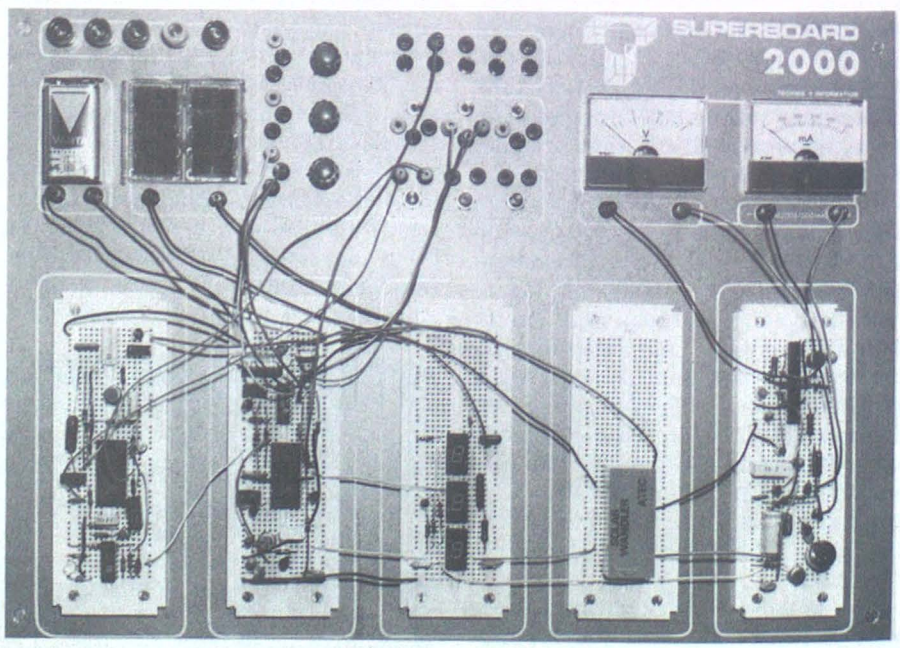
Modulares Experimentier-Board

Für den lötfreien Aufbau von Versuchsschaltungen aller Art eignet sich das neue System Superboard 2000 von Technik + Information, 8011 Pliening. Es basiert auf den bekannten Experimentierstreifen, die im Rastermaß 2,54 mm × 2,54 mm aufgebaut sind. Damit sind Verbindungen mit normalem Schaltdraht ohne weiteres Werkzeug möglich.

Bei der Entwicklung des Superboard 2000 stand die modulare Erweiterungsfähigkeit im Vordergrund. Damit ist der Anwender in der Lage, sein Experimentierfeld nach seinem individuellen Bedarf zu erweitern – vom einfachen Board bis zum kompletten Elektroniklabor (*Bild*). Die Grundplatte bietet außerdem Platz für die Montage von Potentiometern, Schaltern, Tastern, Meßgeräten und eines Solargenerators. Alle für diese Ausbaustufe benötigten Bauteile werden einfach selbst montiert. Verwendet werden können alle handelsüblichen Teile, man ist an kein systemabhängiges Zubehör gebunden.

In der Grundausführung besteht das Set aus der Trägerplatte, einem Experimentierstreifen mit 550 Kontakten, fünf farbigen Polklemmen, einer 9-V-Batterie und fünf LEDs, die bereits mit Vorwiderständen beschaltet sind. Alle Erweiterungssets bestehen aus Standardbauelementen, die jeder Fachhändler im Programm hat. Der Solargenerator (Solar 2005) besteht aus zwei Einzelgeneratoren mit jeweils 3,3 V, 50 mA. Die Solarzellen sind bruchsicher auf einer Epoxidplatine montiert. Auch bei den Ergänzungssets werden alle Verbindungen durch Stecker und Drähte vorgenommen, das Löten entfällt.

Das Superboard 2000 eignet sich auch durch den Preis dank der modularen Erweiterungsmöglichkeit für Hobby, Schule, Ausbildung und das Elektronik-Labor. Scho.



Das Superboard 2000 ist vom Grundset mit nur einem Experimentierstreifen bis zu der hier gezeigten Ausbaustufe erweiterbar. Stecker, Buchsen, Schalter und Einbaumeßgeräte können durch handelsübliche Bauteile ergänzt werden (Foto: Scho.)

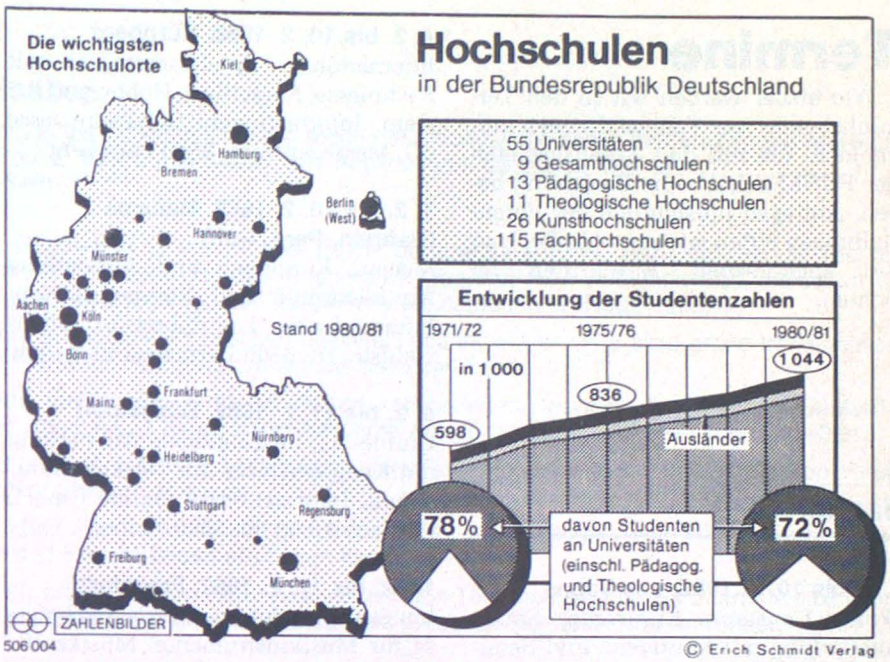
Wieder mehr Elektrotechnik-Studenten

Eine unerwartet gute Resonanz hatte die Werbung für das Studium der Elektrotechnik. Zum Wintersemester 1981/82 immatrikulierten sich über 25 Prozent mehr Studenten an den elektrotechnischen Fakultäten als ein Jahr zuvor. Die Zahl der Studienanfänger für das Fach Elektrotechnik stieg damit nach vorläufigen Zahlen auf rund 10 500. In diesem Zusammenhang warnt der Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI) vor einer überzogenen Kürzung finanzieller Mittel für die Hochschulen. Die u. a. damit verbundenen Stellensperren für Hochschullehrer und Hilfskräfte sowie die stark verminderten Mittelzuweisungen für die Erneuerung der technischen Ausstattung der Institute gefährde gleichermaßen Forschung und Lehre.

Nach Mitteilung des ZVEI nehmen lineare Kürzungen der Mittelzuweisungen oft weder Rücksicht auf eingegangene Vertragspflichten noch auf die Notwendigkeit, den Mindestbestand an qualifiziertem Personal zumindest bis zum Abschluß laufender Forschungsprojekte zu halten. Für die Institutsleiter sei mit der Abwicklung von Forschungsprojekten und im Zuge der Universitätsselbstverwaltung ein übermäßiger Zeitaufwand verbunden, der von Forschung und Lehre ablenke und vielfach jede kreative Regung unterdrücke. Diese ungünstige Entwicklung treffe die elektrotechnischen Fakultäten gerade in einem Zeitpunkt, zu dem es gelungen sei, das Interesse am Studium der Elektrotechnik fühlbar zu verstärken.

Der ZVEI will sich in der bildungspolitischen Diskussion dafür einsetzen, daß die Universitätsforschung auf dem Schlüsselgebiet der Elektrotechnik ihre frühere weltweit anerkannte Position wieder zurückgewinnt. Eine Gesellschaft, deren Zukunft auf die Wissenschaft angewiesen ist, könne nicht überleben, wenn sie der Wissenschaft keine Zukunft gibt.

In der Bundesrepublik Deutschland bestehen 229 Hochschulen, davon allein 88 wissenschaftliche Hochschulen (*Bild*). Die Zahl der Studierenden, die 1971/72 noch mit knapp 600 000 ausgewiesen wurde, erhöhte sich zum Ende des Jahrzehnts auf über eine Million. Dieser sprunghafte Anstieg war durch die zunehmende Studienbereitschaft der Schulabgänger und das verbreiterte Studienangebot bedingt.



Jede zweite Hochschule in der Bundesrepublik ist eine Fachhochschule. Die „klassischen" Universitäten stellen 25 % aller Hochschulen, der Rest verteilt sich auf spezielle Hochschularten wie pädagogische oder theologische Hochschulen. (Bild: Zahlenbilder)

Drei Viertel der Studenten waren im Wintersemester 1980/81 an Universitäten, Pädagogischen und Theologischen Hochschulen eingeschrieben, das übrige Viertel verteilte sich auf die 9 Gesamthochschulen, 26 Kunsthochschulen und 115 Fachhochschulen. Auch die Zahl der ausländischen Studenten in der Bundesrepublik ist während der siebziger Jahre stark gewachsen. Zuletzt gingen nahezu 58 000 Ausländer einem Studium an den deutschen Hochschulen nach.

Zahlreiche Hochschulen sind erst im Laufe des vergangenen Jahrzehnts errichtet worden. Dadurch ist insbesondere die regionale Versorgung mit Hochschuleinrichtungen verbessert und das Bildungspotential auch der ländlichen Gegenden und der großen Industriegebiete ausgeschöpft worden.

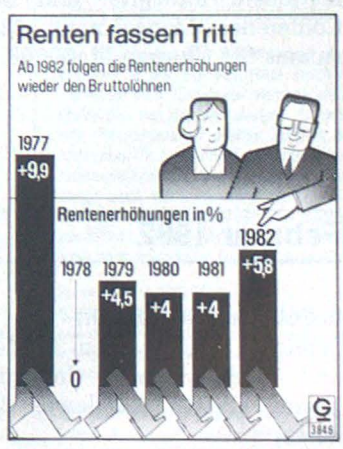
R/Z/Kp

Rückkehr zur Rentendynamik

Die Renten in der Bundesrepublik Deutschland sind dynamisch. Das heißt: Sie werden etwa in dem Ausmaß erhöht, wie die Bruttoverdienste der Arbeitnehmer steigen. Dadurch wird sichergestellt, daß auch die Rentner am wirtschaftlichen Fortschritt teilhaben.

Diese Regelung war allerdings Ende der 70er Jahre außer Kraft gesetzt worden, um die angespannten Finanzen der Rentenversicherung wieder ins Lot zu bringen. Der Rentenerhöhungstermin wurde um ein halbes Jahr – vom 1. Juli auf den 1. Januar – verschoben. Die Folge: 1978 gab es keine Rentenerhöhung. Außerdem wurden die Anstiegsraten für die Renten in den drei darauffolgenden Jahren auf viereinhalb bzw. vier Prozent festgesetzt. Sie stiegen damit langsamer als die Bruttoarbeitsverdienste.

Aber nicht nur die Rentner, auch die Arbeitnehmer mußten ein Opfer bringen. Ihre Beiträge zur Rentenversicherung wurden auf 18,5 Prozent heraufgesetzt. Ab. 1. Januar 1982 soll nun wieder die sogenannte bruttolohnbezogene Rente gelten. Die Rentner dürfen dann mit einem Plus von 5,8 Prozent rechnen.



Termine

Wie bisher werden wir in den Terminkalender nur Veranstaltungen aufnehmen, die mit den Arbeitsgebieten der FUNKSCHAU eine Beziehung haben. Anfragen hinsichtlich der Veranstaltungen bitten wir ausschließlich an die angegebenen Anschriften zu richten.

Januar 1982

7. 1. bis 10. 1. 1982, Las Vegas
Winter Consumer Electronics Show, Ausstellung mit Konferenz und Seminaren für verbrauchernahe Elektronik. Informationen: Consumer Electronics Shows, Two Illinois Center, Suite 1607, 233 North Michigan Ave, Chicago Ill. 60601, USA

18. und 19. 1. 1982, Ostfildern
Datenfunk-Betriebsleitsysteme, Lehrgang über beweglichen Betriebsfunk. Informationen: Technische Akademie Esslingen, Postfach 1269, 7302 Ostfildern 2

25. bis 29. 1. 1982, München
Technologie der Zukunft (Datenbanken, verteilte Datenverarbeitung, Netzwerke). Informationen: Savant Institute, 2 New St., Carnforth, Lancs. LA5 9BX, England

27. bis 30. 1. 1982, Tokio
Internepcon, Datacom; zwei internationale Ausstellungen für Mikroelektronik, Halbleiter, Mikrocomputer. Informationen: Industrial and Scientific Conference Management, 222 West Adams St., Chicago Ill. 60606, USA

Februar 1982

2. Februar 1982, Berlin
Seminar Schnittstellen in der Text- und Datentechnik. Informationen: Telerat GmbH, Albulaweg 20, 1000 Berlin 42

4. 2. bis 10. 2. 1982, Nürnberg
Internationale Spielwarenmesse mit Fachmesse, Modellbau, Hobby und Basteln. Informationen: Spielwaremesse eG, Messezentrum, 8500 Nürnberg

7. 2. bis 10. 2. 1982, Manama (Bahrein, Pers. Golf)
Mecom, Konferenz und Ausstellung für Elektronik und Kommunikation. Informationen: Ian Robertson, Odenwaldstr. 18, 6100 Darmstadt-Eberstadt

8. 2. bis 11. 2. 1982, Düsseldorf
Online '82, Internationale Ausstellung mit Kongressen für die Telekommunikation. Informationen: Online GmbH, Postfach 10 08 66, 5620 Velbert

13. 2. bis 17. 2. 1982, Frankfurt:
Musikmesse, Internationale Fachmesse für Musikinstrumente, Musikzubehör und Musikverlage. Informationen: Messe- und Ausstellungs-GmbH, Postfach 97 01 26, 6000 Frankfurt (Main) 97

16. und 18. 2. 1982, Hamburg
Tech-Expo '82, Messe für neue Technologien, Patente, Lizenzen. Informationen: Dahlbo Associates, POB 2905, Ormond Beach 32074, USA

16. bis 18. 2. 1982, Wiesbaden
Internationale Messe und Konferenz für Halbleiterfertigung. Informationen: Network GmbH, An der Friedenseiche 10, 3050 Wunstorf

18. 2. 1982, Essen
Seminar Aufbau und Organisation einer neuzeitlichen Qualitätssicherungs-Abteilung. Information: Haus der Technik, Hollestr. 1, 4300 Essen

23. 2. bis 25. 2. 1982, Anaheim (Kalifornien, USA)
Nepcon-West, Internationale Ausstellung für Halbleiter und Mikroelektronik. Informationen: Industrial & Scientific Conference Management, 222 W. Adams St., Chicago, Ill. 60606, USA

24. bis 26. Februar 1982, Ostfildern
Lehrgang Funkentstörung. Informationen: Technische Akademie Esslingen, Postfach 1269, 7302 Ostfildern 2

25. und 26. 2. 1982, Essen
Seminar Anwendung von Digitaltechnik und Mikroelektronik (mit Übungen). Informationen: Haus der Technik, Hollestr. 1, 4300 Essen

März 1982

7. 3. bis 14. 3. 1982, Paris
Festival du Son et de l'Image Video, Ausstellung für Unterhaltungselektronik. Informationen: Festival du Son, 179 av. Victor-Hugo, F-75116 Paris

8. 3. bis 12. 3. 1982, Hannover
didacta, Internationale Fachmesse für Schule, Bildung und Training. Informationen: Deutscher Lehrmittelverband e.V., Eppsteiner Str. 36, 6000 Frankfurt (Main)

9. bis 11. 3. 1982, Zürich
Semicon Europa, internationale Fachmesse für Halbleitertechnik. Informationen: Züspa, Thurgauerstraße 7, CH-8050 Zürich

10. bis 14. 3. 1982, Dortmund
Hobby-tronic, Ausstellung für Mikrocomputer, Funk- und Hobby-Elektronik. Informationen: Westfalenhalle GmbH, Rheinlanddamm 200, 4600 Dortmund 1

14. 3. bis 20. 3. 1982, Leipzig
Leipziger Frühjahrsmesse. Informationen: Leipziger Messeamt, Postfach 720, DDR-701 Leipzig

22. 3. bis 26. 3. 1982, Cannes
SIMEP, First World Trade Fair for Industrial Simulators, Teaching Machines and Educational Business Games. Informationen: MIDEM Organisation, 179 av. Victor-Hugo, F-75116 Paris

April 1982

1. 4. bis 7. 4. 1982, Paris
Salon des Composants Electronique, Internationale Fachausstellung für elektronische Bauelemente. Informationen: M. Boissinot, 20 Rue Hamelin, F-75115 Paris.

15. 4. bis 24. 4. 1982, Beijing (VR China)
Electronics Production – Semiconductor Exposition. Ausstellung für Produkte und Fertigungstechnik aus der Halbleiterindustrie. Informationen: Cahners Exposition Group, 222 W. Adams St., Chicago Ill. 60606, USA

21. 4. bis 28. 4. 1982, Hannover
Hannover-Messe. Informationen: Deutsche Messe- und Ausstellungs-AG, Messegelände, 3000 Hannover 82

Hier wird ein Stand der modernen Oszilloskop-Technik vermittelt, wie das bisher so umfassend selten war.

Das Oszilloskop

Eine Einführung in die Schaltungstechnik moderner Oszilloskope sowie ihre praxisnahe Anwendung. Von Dr.-Ing. Paul E. **Klein.** 298 Seiten, 384 Abbildungen. Lwstr-geb. DM 48.–
ISBN 3-7723-6481-0

Die Fülle des Gebotenen ist enorm. Hier ist der gegenwärtige Stand der Oszilloskopie-Technik und -Anwendung wiedergegeben. Und das in einem Umfang und einer Ausführlichkeit, die selten ist. Der Autor hat das Werk so ausgelegt, daß möglichst viele daraus ihren Nutzen ziehen.

- Der Anwender aus nichtelektronischen Gebieten erfährt, wie er ohne allzu große Vorkenntnisse ein modernes universelles Meßgerät problemlos benutzen kann.
- Der erfahrene Elektroniker lernt mit diesen komplizierten, teilweise auch teuren Geräten noch vielseitiger umzugehen, ja neue, wenig bekannte Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen.
- Der Forscher und Lehrer hat mit diesem Buch einen Ratgeber in der Hand, das Oszilloskop hilfreich für seine Aufgaben arbeiten zu lassen.
- Der Konstrukteur findet hier einen Status der Oszilloskop-Technik vor, von dem ausgehend er Neuerungen und Erweiterungen erarbeiten kann.

Allen zusammen präsentiert der Autor eine einheitliche Terminologie und die internationale Normung. Diese fördern die Gespräche und das Verständnis zwischen Hersteller und Anwender.

Franzis-Bücher erhalten Sie durch jede Buchhandlung sowie in den einschlägigen Fachhandlungen. Bestellungen auch an den Verlag.

Franzis' der große Fachverlag für angewandte Elektronik

Funkschau

Elektronik in Audio und Video, Kommunikation und Meßtechnik

Herausgeber
FRANZIS-VERLAG GmbH
Anschrift für Verlag, Redaktion, Vertrieb, Anzeigenverwaltung und alle Verantwortlichen: Karlstr. 37, 8000 München 2, Postanschrift: Postfach 37 01 20, 8000 München 37, Fernruf 0 89/51 17-1, Fernschreiber (Telex) 5 22 301, Postscheckkonto München 57 58-8 07.

Verlagsleiter: Peter G. E. Mayer

Gesellschafter: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer KG, München (100 %)

Redaktion:
Chefredakteur: Dipl.-Ing. Klaus H. Knapp
Chef vom Dienst: Dipl.-Ing. Ulrich Radke
Ressortredakteure:
Ing. (grad.) Rudolf Auer (Audio, Video)
Dipl.-Ing. Klaus H. Knapp (Berufswissen, express)
Ing. (grad.) Thomas Knoll (Kommunikation, aktuell)
Dipl.-Ing. Ulrich Radke (Grundlagen)
Ekkehard Scholz (Praxis & Hobby, Leserbriefe)
Ing. (grad.) Wolf Peter Tangermann (Meßtechnik, Werkstatt & Service, Neuheitenmarkt)
Prof. Karl Tetzner (Neue Medien)

Eigene Korrespondenten:
Japan: Kazuo Kataoka, c/o Tokyo International Communication, Inc., Uiyajima Bldg., 28 Yoyogi 1-chome, Shibuya-ku, Tokyo
USA: Stanley Baker, 504 Nino Ave., Los Gatos, Ca. 95030

Funkschau-Labor:
Ing. (grad.) Hans Neumayr

Nachdruckrechte, Sonderdrucke und Lizenzen: Siegfried Pruskil

Hersteller: Robert Hufnagel

Anzeigen:
Anzeigenleiter: Gerhard Walde
Disposition: Karin Meewis
Telefon (0 89) 51 17-2 36
Stellenmarkt: Diana Murzin,
Fernruf (0 89) 51 17-3 41

Anzeigenpreise nach Preisliste Nr. 26

Die FUNKSCHAU erscheint vierzehntäglich, jeweils freitags im 53. Jahrgang

Bezug:
Vertriebsleiter: Peter Habersetzer

Bestellungen nehmen jede Buchhandlung im In- und Ausland, die Deutsche Bundespost und der Verlag entgegen. Die Kündigung des Abonnements ist bei jährlicher Zahlweise 8 Wochen zum Kalenderjahresende, bei vierteljährlicher Zahlweise 8 Wochen zum Quartalsende möglich.

Bezugspreis: Das Einzelheft kostet im Inland DM 4.–, im Ausland DM 4.30. Das Jahresabonnement kostet im Inland DM 90.–, im Ausland DM 96.–. Der Abonnementspreis für das Vierteljahr (6 bzw. 7 Hefte) – nur im Inland möglich – beträgt DM 24.38. In diesen Preisen ist die gesetzliche Mehrwertsteuer in Höhe von 6,5 % enthalten, in den Abonnementspreisen auch die Versandkosten. Jahresabonnementspreise in ausländischer Währung: bfr 1776.–, hfl 110.–, öS 830.– zuzüglich öS 42.– Portoerhöhung = öS 872.–, sfr 91.–, USA surface mail: $ 54.–, airspeed: $ 79.–.

Verantwortlich für den Textteil: Ulrich Radke, für den Anzeigenteil: Gerhard Walde.

Druck: Franzis-Druck GmbH, Karlstraße 35, 8000 München 2, Fernsprecher (0 89) 51 17-1

Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.
ISSN 0016-2841

Auslandsgesellschaft:
Franzis Publishing Co.
Managing Director: Michael-Alexander Mayer,
2816 Clay St., San Francisco, CA 94115, USA,
phone: (415) 346-2032,
telex: (TWX) 910-372 2019

Auslandsvertretungen für Anzeigen:
Schweiz: Exportwerbung AG,
Neptunstraße 20, 8032 Zürich,
phone: 01-47 46 90, telex 53 327

United Kingdom: Publicitas Ltd.,
525/527 Fulham Road, London SW6 1HF,
phone: 01-3 85 77 23, telex: 919 223 publon

Japan: International Media Ltd.,
2-29, Toranomon 1-chome, Minato-ku, Tokyo,
phono: 502-06 56, telex: 22 633

USA: International Media Marketing,
16704 Marquardt Ave. P.O. Box 1234,
Cerritos. CA 90701,
phone: (213) 9 26 95 44, telex: 9 105831 412

France: Agence Gustav Elm,
41, Avenue Montaigne, 75008 Paris,
phone: 01-723 32 67

Italia: Rancati advertising,
Milano San Felice Torre 5, I 20090 Segrate,
phone: 02-7 53 14 45, telex: 3 11 010

Auslandsvertretungen für Bezug:
Danmark: Jul. Gjellerups Boghandel, Kopenhagen K., Solvgade 87.

Nederland: De Muiderkring N.V., Bussum, Nijverheidswerf 17-19-21.

Österreich: Fachbuch Center Erb,
1061 Wien, Amerling-Str. 1.

Schweiz: Verlag Thali AG,
6285 Hitzkirch (Luzern).

France: Librairie Parisienne de la Radio,
43, rue de Dunkerque, 75010 Paris.

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten.

Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder benützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG WORT, Abteilung Wissenschaft, Goethestraße 49, 8000 München 2, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 1981 Franzis-Verlag, München

Bei Erwerb, Errichtung und Betrieb von Empfängern, Funksprechgeräten, drahtlosen Mikrofonen und anderen Funkanlagen in der Bundesrepublik Deutschland sind die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen zu beachten.

Für Bauanleitungen, Schaltungen und Programme in der FUNKSCHAU zeichnen die Verfasser bzw. Entwickler verantwortlich. Die Redaktion hat die Manuskripte, Schaltungen und Programme mit größter Sorgfalt geprüft, kann aber für Fehler im Text, in Schaltbildern, Aufbauskizzen, Stücklisten, Programm-Listings usw., die zum Nichtfunktionieren oder evtl. zum Schadhaftwerden von Bauelementen führen, weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Sämtliche Veröffentlichungen in der FUNKSCHAU erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes, auch werden Warennamen ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benützt.

Chiffre-Zuschriften dürfen sich nur auf den Inhalt der betreffenden Anzeigen beziehen. Zuschriften, die wir als Werbesendungen erkennen, werden nicht weitergeleitet.